

الدكتور
معتز جاولش
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

البلاستيك وآلاته

١٤٠١ - ١٤٠٢ هـ

١٩٨١ - ١٩٨٢ م

مطبعة الجاحظ - دمشق

الدكتور
معتز جاورش
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

البلاستيك وآلاته

حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لجامعة دمشق

١٤٠١ - ١٤٠٢ هـ

١٩٨١ - ١٩٨٢ م

مطبعة الجاحظ - دمشق

مقدمه

شماره نخست

تألیف و تدوین: دکتر محمد علی

رقعه شماره

مقاله اولیت الیاء

ترجمه و تدوین: دکتر محمد علی

شماره ۱ - ۱۳۳۱

۱۳۳۱ - ۱۳۳۲

رقعه - شماره

المقدمة

أعد هذا الكتاب ليفيطي منهاج مقرر البلاستيك وآلاته للسنة الرابعة
— هندسة التصميم والانتاج — في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
بجامعة دمشق ٢٠٠٠م. مع العلم بأن هذا العلم الهندسي الحديث
القائم بذاته آملين أن تكون السنوات القادمة فيها الكثير من التطوير
والبحث في هذا المضمار ٢٠٠٠م. لهذا تم إعداد هذا الكتاب ليكون
أجد لزاما علي أن أذكر بعض ما يجول بخاطري من نقاط هامة تتعلق
بهذا المقرر الجامعي وهذا الكتاب :

١ — كان قسم هندسة التصميم والانتاج بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
بجامعة دمشق سابقا بطرق هذا الموضوع الجديد وأحداث مقرر البلاستيك
وآلاته من خلال الخطة الدراسية الجديدة وذلك بقصد وضع مهندسينا
قدر الامكان في مجال هذا العلم ، ومن المؤكد فان طلابنا — مهندسي
المستقبل — سيدركون معنى هذا الجهد في حياتهم العملية وتقدير
أهمية الموضوع ستكون أكبر بالتأكيد لمن تتاح لهم فرصة الاطلاع على
هذا المضمار بشمولية أكثر في الدول الصناعية المتقدمة .

٢ — نظرا لكون هذا العلم حديث نسبيا فان مفرداته ومصطلحاته
وقواعده قد تتغير من مرجع لآخر ، هذا شيء طبيعي فعلم التعدين مثلا
عمل به الاختصاصيين قرون من الزمن لتمكنوا من وضع مفرداته ومصطلحاته
والتكنولوجيا الخاصة به ومع ذلك فما زال التطوير والبحث مستمر ، فكيف

يعلم هندسة البلاستيك الذي يمكن اعتبار انطلاقة الواسعة بدأت بعد الحرب العالمية الثانية ، رغم ذلك فالتجسين والاختراع والبحث يعطينا كل يوم شي جديد .

٣ - حيث أن الموضوع يهمنا كمهندسين فقد حاولت قدر الامكان تجنب الخوض في التفاصيل ذات الأصل الكيميائي ، ومع ذلك فلم يكن أممسي الخيار من ذكر بعض التعاريف والايضاحات التي لا بد منها وذلك بقصد محاولة استيعاب صحيحة للمواد البلاستيكية وخواصها وطرق تصنيعها .

٤ - تم اعداد الكتاب واخرجه بسرعة يمكن اعتبارها قياسية لعمل مماثل ، لذا لا بد من العيوب ، لكن املنا كبير بأن يكون هذا الكتاب خطوة اولى تلونها خطوات افضل . اود الاشارة هنا الى أنني اضطرت لاختصار وبتربعض المواضيع الاختصاصية وعدم الاسترسال حتى لا يضيع مانرجوه من فائدة لطلابنا ، فهدفنا في الوقت الحاضر فقط أن لا يكون مهندسنا غريب عن هذا العالم الهندسي .

الكتاب يتضمن خمسة أبحاث ، الأول مخصص لتبيان وباختصار تطور المواد البلاستيكية من ناحية الاستخدام والانتاج ، أما البحث الثاني فقد تضمن الهام من الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لهذه المواد ، كما تضمن الحديث عن العوائل البلاستيكية : أنواعها ، ميزاتها ، مساوئها ، وأهم تطبيقاتها . البحث الثالث يتعلق بعمليات التصنيع المختلفة لهذه المواد وكذلك تحدثنا عن البلاستيك المسلح (في الفصل الثاني من هذا البحث) وهو من أكثر المواد استعمالا في التطبيقات الضخمة في الوقت الحاضر . في البحث الرابع بينا الأسس العامة لبعض الآلات المستخدمة في تصنيع المواد البلاستيكية ، ونود الاشارة الى أن التقدم

في هذا المجال كبير وسريع جدا فكل يوم نجد أنفسنا أمام آلة ضخمة متطورة ومبرمجة وذات مواصفات عالية جديدة . هـد فـنا انـحصر فقط فـسي تـبيان الأ سـس التـقنية لهـذه الآلات . البـحث الخـامس والأ خـير خـصص لقـوالب المـواد البلاستـيكية ، وهـذا مـوضوع هـام جـدا ، فالقـوالب بـصورة عـامة بـاهظة التـكاليف وتـصنع مـعها يـحتاج لـدقة كـبيرة وخـبرة مـتازة بـالمـواد البلاستـيكية وكـذلك لا مـكانيات جـيدة . لـقد تـحدثنا عـن بـعض نـواعيها وخواصـها وسـنحاول اصـدار مـلحق لـهـذا الكـتاب يـتضمن الحـسابات الكـاملة لـبعض نـواع القـوالب لـيكون مـرجعا لـلمهندس .

بنا مل أن نكون قد وقفنا ولو جزئيا لما سعينا له ، كما نأمل أن يحفل لنا المستقبل الكثير من التجسين والتطور والاهتمام في هذا المجال .

الموصلف

البَحْثُ الأولُ

أهمية المواد البلاستيكية وتطورها ومقارنة ذلك بالمواد الأخرى

قبل البدء بالحديث عن المواد البلاستيكية لنتأمل الدراسة العلمية التي قام بها معهد البحث العلمي Stanford بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٦٧ حول تطور استخدام المواد البلاستيكية في المستقبل ولقد كانت النتائج بشكل مختصر على النحو التالي :

— عام ١٩٧٠ الإنتاج العالمي سيكون أكثر من ٢٧ / مليون طن (في الحقيقة ان الإنتاج العالمي تعدى ٣١ / مليون طن)
— عام ١٩٧٥ الإنتاج العالمي سيكون أكثر من ٣٨ / مليون طن (في الحقيقة ان الإنتاج العالمي تعدى ٤٥ / مليون طن)
— عام ١٩٨٠ الإنتاج العالمي سيكون أكثر من ٨٠ / مليون طن (في الحقيقة ان الإنتاج العالمي تعدى هذا الرقم بكثير رغم الهبوط الذي أصاب إنتاج المواد البلاستيكية بسبب تعاظم مشكلة البترول عالمياً بالإضافة لارتفاع أسعاره .

— عام ١٩٨٥ يتوقع أن تقارب الأرقام بين إنتاج المواد البلاستيكية والفولاذ (هنا تجدر الإشارة الى أن بعض الإحصائيات تدل على أن استهلاك المواد البلاستيكية في الوقت الحاضر تجاوزاً وعلى وشك استهلاك الفولاذ — حجماً —) .

— عام ٢٠٠٠ المواد الاصطناعية (بلاستيك + كوتشوك) ستشكل 80% (حجماً) من الاستخدامات الكلية مقابل 20% لأجل كافة المعادن الأخرى مجتمعة (هناك تنبؤ آخر يشير الى أن إنتاج المواد البلاستيكية

عام ٢٠٠٠ سيتجاوز انتاج الفولان وزنا (١٠) في الحقيقة ان هذا التطور خرج عن كل وصف وتعبير وتنبؤ فقد أصبح الأمر بعيدا عن التطور الذي يجري اليوم ، وهذا مادفع بالكثير من جامعات (وخاصة الفروع التي تهتم بالكيمياء والهندسة التقنية) (١) ، اضافة الى المؤسسات العلمية والتجارية ومراكز البحوث الى الاهتمام الجاد بدراسة هذه المواد وخواصها والقيام بالأبحاث العلمية لتطوير استخدامها وتصنيعها على أفضل سبيل . ويوسفنا القول أن الغرب احتكر هذه الصناعة لاقتصاديتها المتناهية رغم الارتفاع المضطرب بأسعار موادها الأولية (البترول ومشتقاته) والجدول التالي رقم (١) يلقي بعض الضوء على أماكن تركز صناعة وانتاج المواد البلاستيكية في دول العالم المتقدم .

البلد	الانتاج %
أوروبا الغربية	٣٦
أمريكا الشمالية	٣٣
اليابان	١٥
أوروبا الشرقية	١٠
بقية دول العالم	٦

(١) : البلاستيك مادة تركيبية الصنع يهتم بتحضيرها الكيميائيون الذين يحولوها بطرق البلمرة Polymérisation وبمساعدة الوسائط الكيميائية الى مركبات على شكل بودرة أو حبيبات أو صفائح أو مواع ، وهنا ينتهي دورهم ليأتي دور المهندسين اللذين يقوموا بتحويل هذه النواتج الى منتجات مختلفة وذلك بايجاد التقنية المتطورة علميا واقتصاديا . سنتجنب بقدر الامكان الخوض في علم الكيمياء المتعلق بالمواد البلاستيكية الا في حدود الضرورة .

هذا ما يؤكده علينا الحاجة الماسة للسير في هذا الطريق وتقديم بعض المعلومات المتعلقة بالمواد البلاستيكية لمهندسينا - بناء الوطن - كخطوة أولى حتى لا يجدوا أنفسهم أقل من غيرهم ، ومن ثم التطوير والبحث فغيرنا ليس أفضل منا .

لماذا المواد البلاستيكية ؟

إن ميزات المواد البلاستيكية جعلتها تزيح المواد الأخرى المختلفة عن كثير من مجالات الاستخدام وتحل محلها ، فهي مواد خفيفة الوزن ، سهلة التصنيع ، قليلة الهدر الصناعي ، اقتصادية جدا ، يمكن تحسين أصناف كثير منها (بإضافة بعض المواد الإضافية Adjuvants ، وكذلك بإضافة مواد التسليح المختلفة) لتلائم كل الاحتياجات والخواص المطلوبة : فمنها القاسي واللين ومنها المقاوم ومنها المرن الخ . هذا لا يعني بالتأكيد خلوها من العيوب ، إنما مقارنة الميزات مع المساوئ (كما سنرى بالبحث الثاني - الفصل الثاني) جعل العالم كله يتجه إليها .

اليها دون ترد إلى درجة أصبح استهلاكها بالنسبة للفرد الواحد مقياس اقتصادي لدرجة تطور بلد ما ويعبر عنه على النحو التالي :

الاستهلاك السنوي الكلي لبلد ما من المواد البلاستيكية مقسوما على عدد السكان يعطي الاستهلاك السنوي للفرد الواحد ، كمثال : وفق الدراسات الإحصائية لبلد متطور صناعيا فإن استهلاك الفرد الواحد من البلاستيك البلاستيكية يفوق (٤٠ كغ) سنويا . الجدول رقم (٢) في الصفحة القادمة يعطينا دراسة إحصائية مستقبلية عن الانتاج العالمي للمواد الأكثر أهمية واستهلاك الفرد الواحد سنويا من كل منها ، كما يبين هذا الجدول مدى تطور أهمية المواد البلاستيكية بالمقارنة مع المواد الأخرى ، وعلى سبيل المثال لا الحصر نأخذ الأرقام التالية :

الجدول (٢)

Population السكان	الوحدة مليار	Unités Milliards	1966	1970	1980	1985	1990	2000
فولاذ ACIER	طن kg/personne...	طن kg/personne...	469	560	900	1130	1400	2250
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	138	151	196	226	250	321
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	60	72	115	145	179	287
			18	19	26	29	32	41
المنيوم ALUMINIUM	طن kg/personne...	طن kg/personne...	7,9	11,3	32	55	90	250
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	2,2	3,0	7,0	11	16	36
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	0,8	1,1	2,6	20	33	93
						4,0	5,9	13
نحاس CUIVRE	طن kg/personne...	طن kg/personne...	5,4	6,2	9,2	10,0	13,5	20,0
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	1,6	1,7	2,0	2,0	2,4	2,9
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	0,6	0,7	1,0	1,1	1,5	2,2
			0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
كل المعادن METALX	طن kg/personne...	طن kg/personne...	486	582	948	1204	1514	2535
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	143	157	206	241	270	362
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	64	78	129	167	215	348
			19	21	28	33	38	55
بلاستيك PLASTIQUE	طن kg/personne...	طن kg/personne...	16,0	27	105	240	420	1700
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	4,7	7,3	23	48	75	243
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	14,2	23,4	91	205	365	1480
			4,2	6,3	20	41	65	212
كاوتشوك CAOUTCHOUC	طن kg/personne...	طن kg/personne...	3,9	5,5	11,5	16,0	23,0	44,0
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	1,1	1,5	2,5	3,2	4,1	6,3
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	4,1	5,8	12,0	17,0	24,0	46,0
			1,2	1,6	2,6	3,4	4,3	6,6
تخليق Synthétique	طن kg/personne...	طن kg/personne...	5,0	7,2	13,0	17,0	24,5	46,0
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	1,6	1,9	2,8	3,4	4,4	6,6
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	4,7	6,0	11,0	14,2	19,5	38,0
			1,4	1,6	2,4	2,8	3,5	5,4
مواد تركيبية PRODUIT de SYNTHET	طن kg/personne...	طن kg/personne...	28,5	40	130	273	467	1790
	مليون م3... millions m3...	مليون م3... millions m3...	7,5	11	28	55	83	256
	لتر/شخص litre/personne...	لتر/شخص litre/personne...	23,0	35	114	236	409	1564
			6,8	9,5	25	47	73	224

انتاج المواد البلاستيكية عالميا يزداد من / ١٦ / مليون طن عام (١٩٦٦) الى / ١٢٠٠ / مليون طن عام (٢٠٠٠) .
استهلاك الفرد الواحد سنويا يزداد من / ٤,٧ / كغ عام (١٩٦٦) الى / ٢٤٣ / كغ عام (٢٠٠٠) .

الجدول التالي يبين نسبة الزيادة المئوية في العام لانتاج المواد البلاستيكية بالمقارنة مع بعض المواد الاخرى ، نلاحظ ان نسبة زيادة انتاج المواد البلاستيكية بالنسبة للفلان هي خمسة اضعاف تقريبا .

المادة	نسبة الازدياد المئوي لكل عام
الفلان Acier	3 - 5 %
الالمنيوم Aluminium	5 - 10 %
كاوتشوك Caoutchouc	10 %
بلاستيك Plastique	15 - 16 %

ماذا يعني هذا ؟

لا نجد مانجيب به الا اننا امام مستقبل جديد بكل معنى الكلمة .
قد يتساءل احدهنا بان المواد البلاستيكية مرتبطة بصورة عامة بالبترو
وهذا مصيره غير معلوم ، هنا لا بد من الاشارة الى ان انتاج المواد
البلاستيكية في العالم كافة لم يستهلك اكثر من 4 % من الاستهلاك
العالمي للبترو ، بالاضافة لذلك فهناك اتجاه لخفض استهلاك المواد
الاولية وذلك بالتوسع باستخدام مواد التسليح المختلفة (التي تعطي
بنفس الوقت خواص متنوعة ووفقا للمتطلبات) ، اذن ربط مستقبل المواد
البلاستيكية بالبترو وتوقعاته غير دقيق ، الا من ناحية ارتفاع الاسعار
وهذا بدوره يؤثر بشكل او آخر بكل المجالات الانتاجية وليس بالمواد

البلاستيكية فقط .

في أى مجال تستخدم المواد البلاستيكية ؟

بالتأكيد لا نبالغ اذا قلنا أنه في معظم المجالات ومنسب متفاوت انها ليست فقط آلة حقن صغيرة تنتج قطع استهلاكية متنوعة ، انها تكنولوجيا جديدة بالآلاتها وطرقها وقواعدها تساهم وتساهم في الصناعة بكل أشكالها وفي الزراعة وكل جوانب الحياة . في البحث الثاني - الفصل الثاني - ذكرنا بعض الاستخدامات على سبيل المثال لا الحصر لبعض أنواع المواد البلاستيكية لأن الحصر غير ممكن اطلاقا .

قبل ذكر بعض مجالات الاستخدام لا بد من الإشارة الى أن المواد البلاستيكية تستخدم في مجالات دقيقة جدا وحلت الكثير من المشاكل التي كانت تعيق التقدم في بعض المجالات نظرا لخواصها المتميزة وللمقدرة على التحكّم الى درجة ما بهذه الخواص .

في مجال الطيران : تستخدم هذه المواد ، خاصة المسلحة منها ، في صناعة الكثير من القطع المختلفة لا مجال لتعدادها ولكن يمكن الإشارة الى أن كتلة المواد البلاستيكية المستخدمة في طائرة للخطوط الجوية تتراوح بين 5-20 % من كتلتها ، أما الطائرات المروحية (الغير عسكرية) والخاصة فان كتلتها تحتوى نسبة عالية جدا من المواد البلاستيكية ، في حين أن الطائرات الشراعية فتصنع بشكل كامل تقريبا من المواد البلاستيكية المسلحة .

في مجال الفضاء : التغليف ، العزل الكهربائي والحرارى واكساء بعض النماذج الالكترونية الخ ، كما أن هناك بعض التطبيقات التي لها طابع فضائي خاص (قمره الرواد ، المسابر ، غلاف القاذف ، إلخ)

الأرصاد الجوية (٠٠٠٠) ، يضاف لذلك استعمالها لصنع مواسير إطلاق الصواريخ والخزانات . سعر المواد المستخدمة لهذا المجال يكون مرتفع جدا ، أما خواصها فتكون محددة بدقة وتعتمد بصورة أساسية على الاجهاد الذي سيقع على المادة عند الاستعمال .

الاهتمام باستعمال البلاستيك في مجال الطيران والفضاء وفي المجال العسكري كبير ، وهناك العديد من مراكز البحوث المدنية والعسكرية في الدول المتقدمة صناعيا تقوم بالدراسات والأبحاث المختلفة . وقد تم ايجاد العديد من الأنواع الجديدة من المواد البلاستيكية التي تستخدم لبعض الاستعمالات الخاصة وهي غالية الثمن وغالبا غير معروفة تجاريا ولها من الخواص المميزة والدقيقة ما يناسب استعمالها .

في المجال البحري : يستخدم البلاستيك المسلح خاصة بشكل واسع جدا لصناعة القوارب الصغيرة والشخصية ، المراكب الصغيرة والمتوسطة الحجم ، كما يساهم بنسب عالية في البواخر السياحية بالدرجة الأولى وكذلك التجارية . من البلاستيك المسلح كذلك صنع المساحيق بشكل كامل مع سقوفها (انظر صفحة ١٦٨) .

في المجال البري (مواصلات) : سيارة سياحية منتجة ما بين عام ١٩٧٢ - ١٩٧٥ تحوي أكثر من ٤٠ / كغ من المواد البلاستيكية موزعة على ٢٠٠ - ٤٠٠ قطعة متنوعة (باستثناء الكاوتشوك للدواليب) وهذا لا يشكل أكثر من ٥ % من وزن السيارة و ٢٥ % من حجمها . هناك بعض النماذج من السيارات مثل Matra حيث يصل الاستخدام إلى أكثر من ١٢٠ / كغ من المواد البلاستيكية . مؤخرا تم صنع هياكل سيارات رياضية وصغيرة من البلاستيك المسلح بشكل كامل . ويجب أن لا ننسى دور المواد البلاستيكية في القطارات وهربات النقل

المنقل التابعة لها ، هياكل عربات المترو المصممة وكذلك الشاحنات الكبيرة والصغيرة وخاصة الشاحنات والصهاريج التي تحتاج للعزل الحراري لحفظ المنتجات التي تنقلها .

في مجال البناء : الاستعمال محدود بهذا المجال ولا يشكل أكثر من 8 % من الانتاج الكلي ومعظمه على شكل بروفيلات صفائح مختلفة (شفاقة ببعض الأحيان) للتغطية والوقاية والعزل ، نوافذ وأبواب وطابخ ٠٠٠٠٠ الخ ، ويتوقع أن تتجاوز النسبة 15 % خلال السنوات القادمة (هذا باستثناء بعض الاستعمالات الخاصة مثل الشاليهات ومبوت السكن البلاستيكية ٠٠٠٠٠) .

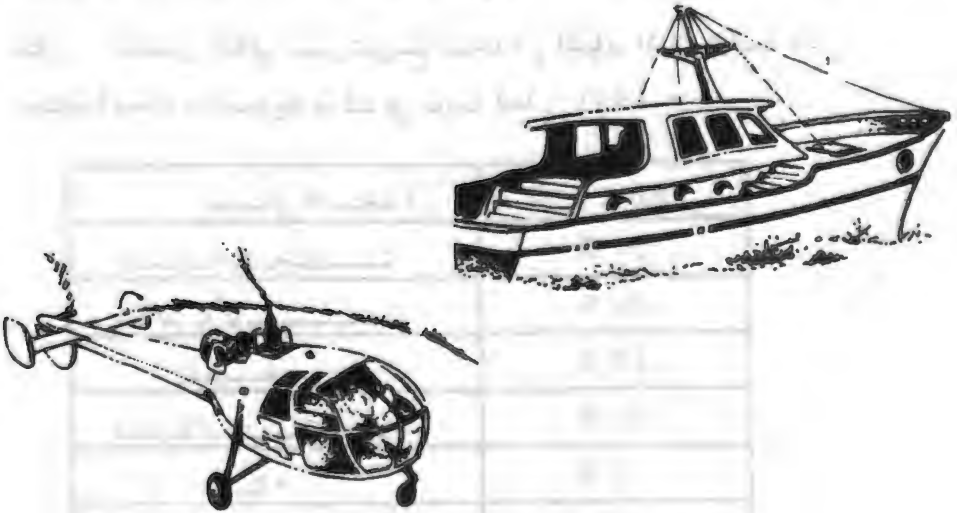
في الحقيقة هناك مجالات أخرى كثيرة وهامة مثل : مجال القطع الصناعية المختلفة ، مجال الزراعة ، مجال الصفائح والأنايب ، مجال التغليف بكل أشكاله ، مجال المفروشات والاستعمالات المنزلية ٠٠٠ الخ .

مثال : الجدول التالي يبين توزيع استخدام المواد البلاستيكية في مختلف المجالات المعروفة وذلك في فرنسا لعام ١٩٧٣ :

مجال الاستخدام	من الانتاج الكلي
قطع صناعية مختلفة	31 %
صفائح وأنايب	24 %
تغليف	18 %
استهلاك متنوع	16 %
البناء	8 %
الدعاية	2 %
الزراعة	1 %

- من خلال هذا الجدول يمكن تدوين الملاحظات التالية :
- الأنايب والتغليف عرفوا تطوراً كبيراً في السنوات الأخيرة .
 - القطع الصناعية المختلفة تقريباً ضعف الاستهلاك المتنوع ، في حين أنه منذ خمسة عشر سنة كان الاستهلاك المتنوع يحتل المرتبة الأولى وهذا يبين مقدار الثقة المتزايدة للصناعة بالمواد البلاستيكية .
 - نسبة الاستخدام في المجال الزراعي ازدادت مؤخرًا بشكل كبير بسبب انتشار استخدام البيوت البلاستيكية الزراعية بعد ثبات نجاحها ، وكذلك مخازن المحاصيل البلاستيكية العادية والمطورة .

++++
++++
++++
++++
++++
++++
+++
++
+



البحث الثاني

الفصل الأول :

الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية العامة
للمواد البلاستيكية وعلاقة هذه الخواص بتركيب هذه المواد

أولا : تعاريف :

من المفيد بالبداية تبين باختصار بعض التعاريف العامة لبعض المفاهيم التي سترد مع محاولة تجنب قدر الامكان الدخول في التفاصيل ذات الطبيعة الكيميائية .

المواد البلاستيكية : Matières Plastiques :

هي مركبات ذات جزيئات كبيرة Macromoléculaires (١)

تنتج من الرهينات Résines التي تكون محضرة كيميائيا وغالبا بشكل اصطناعي . يضاف للرهنات مواد اضافية مساعدة Adjuvants

وذلك لتعديل الخواص (اللدونة ، المقاومة الميكانيكية ، مقاومة الأكسدة ، الطوينات) ، هذه الإضافات تستعمل كذلك لتسهيل عملية

التصنيع Résines + adjuvants → plastique

(١) : ان اكتشاف الجزيئات الكبيرة (STANDINGر جائزة نوبل) يعتبر

نجاح كبير قد يعادل الى حد ما عملية تحليل الذرة الى اجزاء والذي يهودى الى تحرير طاقة هائلة (الطاقة الذرية) .

المريزينات : Résines

وتكون مختلفة كيميائيا لكن تجمعهم نقطة مشتركة وهي أنها مزيج صلب أو سائل من جزيئات ضخمة ذات كتلة كبيرة أو متوسطة *Macromoléculaires* أي بوليميرات *Polymères* تشكل شبكة من طبيعة عضوية أو نصف عضوية وتتبع من تفاعل طبيعي أو اصطناعي ، مثل البلمرة

$$\text{Résines} = \sum \text{Polymères} \quad \bullet \quad \text{Polymérisation}$$

البوليمير : Polymères

هو جزيء كبير أو طويل يتكون من ترابط عدد كبير من المقاطع الأحادية *Monomères* (متشابه أو لا) والجزيئات البسيطة *Covalentes liaisons* ترتبط مع بعضها بواسطة روابط تكافؤية لتشكل شبكة واضحة مميزة قد تكون مضغوطة أحيانا وقد يكون لها تشعبات أحيانا أخرى . عند ما تكون الوحدات المكونة متماثلة فالناتج يكون بوليمير *Polymères* وعندما تكون مختلفة فالناتج يكون كوپوليمير *Copolymères* .

الشكل (١) يبين عدد من الجزيئات الاحادية *Monomères*

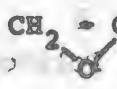
المطابقة لمواد معروفة بجانب كل منها ووفق أعداد معينة (n) .

$$\text{Polymère} = (\text{Monomère})_n$$

الجزيئات الوحيدة تتألف كل منها من عدد من الذرات ومعظم الحالات

فان الروابط التكافؤية هي التي تؤمن تجميعها .

ان مشتقات البوليمير تتضمن بصورة رئيسية المواد البلاستيكية ومن ثم المواد المطاطية (الكاوتشوك) وهذين الفرعين الرئيسيين مختلفين من حيث الصفات الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية .

Polymères	Monomères
Polyéthylène	éthylène (- CH ₂ = CH ₂ -)
Polypropylène	propylène $\left[\begin{array}{c} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]$
Polyepoxydes	(- CH ₂ -  - CH ₂ -)
Polyamide (11)	$\left[- \text{COOH} - (\text{CH}_2)_{10} - \text{NH}_2 \right] -$

الشكل (١)

الخواص الميكانيكية الخاصة للمواد البلاستيكية ترتبط بطبيعة الجزيئات الكبيرة Macromoléculaires لهذه المركبات .

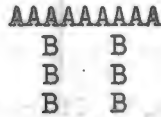
البلمرة : Polymérisation

هو هي عملية تجميع أطراف عناصر المقاطع الاحادية motifs المتماثلة أو للمونومير monomères الذى له روابط مضاعفة تحت تأثير الحرارة ، الاشعاع فوق بنفسجي Rayonnement Ultraviolet أو الوسائط - المطعمة - Catalyseur - Amorceur . عملية التجميع هذه يمكن أن تتم بصورة طبيعية ، بدون فعل خارجي ، ولكن تحتاج الى وقت أطول بكثير .

البلمرة المشتركة : Copolmérisation

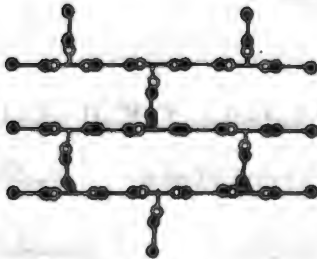
ولها نفس مبدأ البلمرة ولكن العناصر هنا monomères تكون مختلفة A,B

وتعطي Copolymères الذى يكون وحسب التوزيع النعيمي للعناصر اما
توزيع بالصدفة Répartition Aléatoire أو توزيع مطعم Greffés
(تشعبات ناجمة عن السلسلة الرئيسية المتجانسة على شكل سلاسل قصيرة من
العنصر الآخر B) .



التحام الأجسام : Polycondensation

هي عملية تجميع الجزيئات بالتفاعل الذى ينتج عنه الغاء جسم بسيط من التركيب
(غالبا يكون الماء ، وسنرى تأثيره فيما بعد) .



Polycondensat linéaire
التحام الجزيئات الخطي

Polycondensat tridimensionnel

التحام الجزيئات الثلاثي
الأبعاد

المساعدات (المواد الإضافية) : Adjuvants

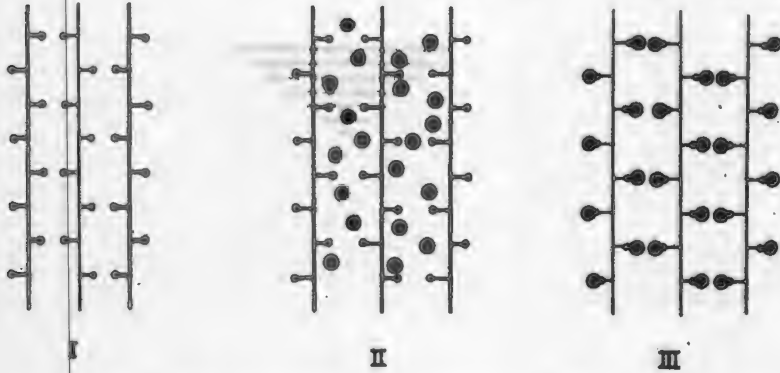
هي جزيئات صغيرة تفرج مع البوليمير لتحسين خواصه بصورة عامة ولزيادة ثباته
للمحيط الخارجي . اضافة هذه المواد يمكن أن يطيل الزمن اللازم لتقهقر
الخواص العامة للمادة البلاستيكية ولكن لا يمكن لها الغاء هذا التقهقر بصورة
نهائية .

يمكن أن تكون هذه المواد عضوية أو معدنية ، لكن كتلتها الجزيئية
غالبا ضعيفة بالنسبة لكتلة البوليمير .

يستخدم في الصناعة بشكل عام نوعين رئيسيين من المواد الاضافية هما :
الملدنات Plastifiants والمنتبات Stabilisants ولكن يجب الاشارة
الى ان هناك مواد اخرى لا تقل اهمية لكن مجال الاستخدام اقل مشهول :
الزيوت Lubrifiants الملونات Colorants .

الملدنات : Plastifiants

وهي جزيئات صغيرة قد تكون من البوليمير أو لا ، صلبة أو سائلة ، كتلتها
الجزيئية ضعيفة . هذه الجزيئات الصغيرة تخترق السلاسل وتخفف قوى
Van Der Waals (سنراها في الفقرة القادمة) ، أي تضعف
التفاعل الجانبي الموجود بين سلاسل الجزيئات الكبيرة macromoléculaires .
الملدنات بصورة عامة تقلل من قيمة المعامل G_p وتزيد من قدرة المادة
على التخميد Amortissement . تكون الملدنات غالبا متقلبة ، هذا
الثقل يصاحبه كذلك انتقال بالملونات .



- I - بوليمير غير ملدن Polymère non plastifié .
- II - بوليمير ملدن بواسطة ارتباط جزيئي
Polymère plastifié par insertion moléculaire.
- III - بوليمير ملدن بواسطة تنظيم جزيئي
Polymère plastifié par combinaison moléculaire.

المثبتات : Stabilisants

هي مواد تستخدم لتبطئة أو تأخير تحلل أو تحول البوليمير بمرور الزمن بفعل الحرارة أو الأشعاع فوق بنفسجي ، وتستخدم هذه المثبتات بكميات قليلة حيث تحقق داخل الرزينات .

الأحمال مواد التسليح (التقوية) : Charges et produits de renforcement

وتستخدم هذه المواد لتحسين وتعديل الخواص الميكانيكية للمواد البلاستيكية كالقوة السطحية ، المقاومة للاشعاعات ، الثبات الحجمي ، زيادة الصلابة والمقاومة للانهاك ، وتتحدث عنها أكثر تفصيلا في البحث الثالث - الفصل الثاني (البلاستيك المسلح) .

ثانيا : قوى الارتباط (الالتحام) : Forces de cohésion

١- قوى ضمن الجزيئات : Forces intramoléculaires

يؤ من صلابة هيكل السلسلة بواسطة قوى التكافؤ الموجودة ضمن الجزيئات الكبيرة الخطية والفراغية . هذه القوى التي تعاكس تشوه المجموعة الجزيئية لها طاقة بين الذرات بحدود $100 - 200 \text{ Kcal/mole}$. هذه الروابط الكيميائية قليلة التأثير بدرجات الحرارة ومستقرة جدا من الناحية الكيميائية وانواعها :

١- روابط بسيطة .

٢- روابط مزدوجة .

٣- روابط ثلاثية (نادرة جدا) .

طاقة روابط التكافؤ بين الذرات المذكورة اعلاه تعني مقاومة للاننيار تعادل $10 / 20$ / ضعف للمقاومة المقاسة لمعظم المواد البلاستيكية وهذا معناه ان الاننيار لا يرتبط مباشرة مع قوى الارتباط ضمن الجزيئات ولكن يرتبط مع القوى بين الجزيئات intermoléculaires . بالمقابل ، فان الانحطاط التدريجي لمركبات الجزيئات الكبيرة يؤدي الى اننيار روابط التكافؤ .

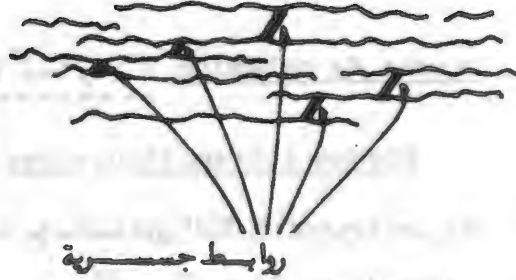
٢- قوى بين الجزيئات : Forces intermoléculaires

هي قوى بين مجموعات الجزيئات . معظم الخواص الميكانيكية للمواد البلاستيكية في الحالة الصلبة تعتمد بصورة أساسية على هذه القوى التي لها عدة أنواع :

١- تكافؤية أوزان خواص تكافؤية . حالة الكاوتشوك مثلا ، حيث

تشكل جسر بالنفخ بين مختلف السلاسل كما بالشكل (٢) .

الشكل (٢)



٢- روابط Van Der Waals : (أ) قوى انتشار وقد رتها

١ - 7 Kcal/mole تبعاً لمهام سلاسل للكريون الموجودة ()

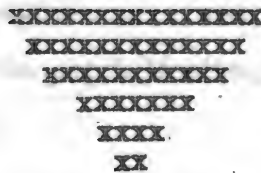
• هذه الروابط موجودة في كل البوليمرات

٣- روابط الهيدروجين : تتج من التفاعل بين الجزيئات الحارة

على « H » متحرك وذرات سالبة (N ، O ،) ،

قدرة الروابط 5 - 10 Kcal/mole

٤- روابط تأيونيونية ionique



ثالثا : تصنيف المواد البلاستيكية :

في الحقيقة هناك العديد من التصنيفات لهذه المركبات كل منها يتبع الأسس المختار ، من هذه الأسس :

- ١- التركيب الكيميائي للمقاطع motifs كأساس للتصنيف .
- ٢- نموذج عملية البلمرة polymérisation كأساس للتصنيف .
- ٣- حسب المنشأ الطبيعي أو اصطناعي كأساس للتصنيف .

أمثلا مهمة ال motif monomère تسمح لنا بتصنيف البوليمير الى نوعين :

١- بوليمير خطي Polymère linéaire (البلاستيك الحراري Thermoplastique) .

٢- بوليمير ثلاثي الأبعاد Tridimensionnelles (البلاستيك المتصلب حراريا Thermodurcissable) .

لكن هناك تركيب يعتبر وسطي بين الاثنين (بوليمير متشعب polymère ramifiée ، بوليمير صفائحي polymère lamellaire) لا يمكن الا بصعوبة تصنيفها لأحد النوعين السابقين .

يمكن ملاحظة أن أي تصنيف يبين وسرعة حدوده الضيقة وبصورة رئيسية فان التصنيف يؤخذ كنابع للتطبيقات المستعمل من أجلها .

بما أن الحرارة والضغط من المؤثرات الأساسية على سلوك المواد البلاستيكية بشكل عام وخلال عمليات التصنيع التي تهبط بالدرجة الأولى ، لذا يمكن تقسم المواد البلاستيكية الى قسمين كبيرين يمكن فهمها من خلال النموذج جين التاليين :

١- من أجل المحافظة على الشكل الجديد المكتسب يجب تبريد المادة قبل ازالة الضغط .

٢- الشكل يحافظ على نفسه حتى اذا اُوقفنا بصورة متزامنة فعل الضغط والحرارة .

المواد البلاستيكية من النموذج الأول تدعى البلاستيك الحراري ورمزه (T P)

يمكن مقارنة هذه المواد بشمع العسل Cire حيث ان هذا الشمع صلب بدرجة الحرارة العادية لكن بتأثير الحرارة فانه يلين ويمكن ان يوضع ب قالب . بالتبريد يعود ويصبح صلبا ويحافظ على الشكل الجديد المعطى له وهذه العملية يمكن تكرارها مرات غير محدودة . مواد البلاستيك الحراري يمكن ان تسلك نفس هذا السلوك اي ان دورة التحويل بواسطة الضغط والحرارة قابلة للانعكاس .

المواد البلاستيكية من النموذج الثاني تدعى البلاستيك المتصلب حراريا Thermodurcissable أو Thermorigide ورمزه (T D) .

يمكن تمثيل هذه المواد بالبيتون ، الذي هو عبارة عن مزيج الاسمنت والرمل والذي يتصلب بفعل تفاعل كيميائي مع الماء ، الاسمنت يعتبر هنا كواصل بين حبيبات الرمل . الرمل هنا مثل الحمل Charge لتخفيض السعر وتحسين الخواص الميكانيكية للمجموعة . التعديل الذي يطرأ بالمحظنة التفاعل الكيميائي مع الماء هو نهائي ، بالنتيجة جسم صلب يحافظ على الشكل الجديد المصوب . ان دورة التحويل بواسطة الضغط والحرارة غير قابلة للانعكاس .

المقارنة مع البيتون تهيء وسيلة ممتازة لفهم سلوك المواد البلاستيكية المتصلبة حراريا مثل Baklite (مادة بلاستيكية تمنع منها اقلام

الحبر والمقايض (٠٠٠٠٠) ، مخصصة للقولبة (١) تركب بواسطة وصل ناتج عن تفاعل جزئي من Phénol وآخرون Formol معزجين بشدة مع حمل من دقيق الخشب مثلا . عند ما يصب هذا المزيج داخل قالب وتحت تأثير فعل الحرارة والضغط يصبح بلاستيك يملأ جميع أجزاء القالب ومن ثم يستمر التفاعل بين الفينول والفورمول ، الكتلة تتصلب ، الشكل ثابت ، هذا التحول نهائي . الكتلة الناتجة لا يمكن أن تذاب مرة ثانية بواسطة الحرارة والضغط وتقاوم المحاليل الكيميائية التي تحاول تحليلها كالسابق . البلاستيك المتصلب حراريا يتكون من جزيئات كبيرة Macromoléculaire ثلاثية الأبعاد Tridimensionnelles تحرز غالبا بواسطة التحام الأجسام Polycondensation وأحيانا بواسطة التطعيم Greffage .

هذا التصنيف للمواد البلاستيكية (بلاستيك حراري T P وبلاستيك متصلب حراريا T D) مهم جدا ، يحدد شروط العمل والاستعمالات الرئيسية لمختلف الرزينات . مركبات الجزيئات الكبيرة للبلاستيك الحراري T P تكون خطية ذات شكل منتظم جزئيا Partiellement Cristallins او غير منتظم (عديمة الشكل Amorphes) ، في حين أن شكل الجزيئات للبلاستيك المتصلب حراريا يكون دائما غير منتظم (عدم الشكل Amorphes) . هذا هذا التقسيم والأشكال التوضيحية المطابقة مبين بالشكل في الصفحة القادمة .

composés macromoléculaires

CM

CMT

CMTA

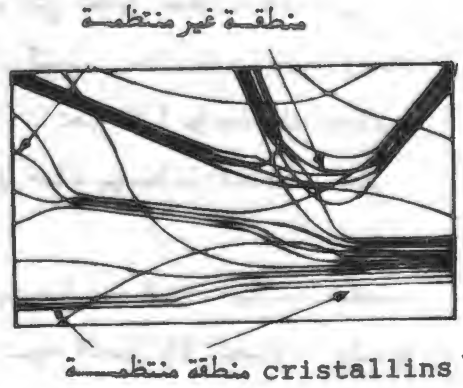
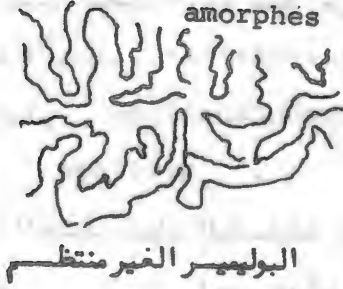
Composés macromoléculaires
tridimensionnels

CML

Composés macromoléculaires linéaires

CMLPC

CMLA



- CM - مركبات الجزيئات الكبيرة
- CML - مركبات الجزيئات الكبيرة الخطية (البلاستيك الحراري TP)
- CMT - مركبات الجزيئات الكبيرة الثلاثية الابعاد (المتصلب حراريا TD)
- CMTA - مركبات الجزيئات الخطية الثلاثية الابعاد الغير منتظمة
- CMLA - مركبات الجزيئات الخطية الغير منتظمة
- CMLPC - مركبات الجزيئات الخطية المنتظمة جزئيا

- مفهوم الخطية هنا هو المعنى الهندسي للكلمة ، المقصود في الحقيقة

مواد جزيئاتها الكبيرة تتطور في اتجاه رئيسي مع تشعبات ثانوية أحيانا

- في الحقيقة لا يوجد مركب جزيئاته منتظمة تماما ، نفس الجزيئات الكبيرة

يمكن أن تشارك في منطقة منتظمة ومنطقة غير منتظمة ، من هذه المواد

على سبيل المثال لا الحصر : PA ، PP ، PE

رابعاً : الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمواد البلاستيكية :

٤-١- الريولوجيا : (١) Rhéologie

في الحقيقة ان نظرية المرونة Elasticité لهوك (Hooke) ونظرية اللدونة Plasticité (Coulomb , Tresca) غير ملائمة تماماً لدراسة السلوك الميكانيكي للبولىمير من كل الوجوه ، وهناك العديد من التوضيحات والأمثلة التي تعبر عن ذلك نذكر منها :

أ^ن معاني وفاهيم مثل المطاوعة ductilité والهشاشة fragilité التي يمكن أ^ن تجتمع في المواد التقليدية (المعادن) بدون غموض ، ليس لها أى مدلول في مواد البلاستيك الحرارى . بعض المطاط Silicones مثلاً يمكن شده كعجينة ، غير مرنة تماماً عندما يكون الشد بطيئاً ، ينقطع عند الشد السريع . لوح من الـ PVC الصلب (٢) يمكن طيه حول نفسه بدون انهيار لكنه ينكسرتاً شيرصدة . اذا عرضنا مادة بلاستيكية لقوة ثابتة ، التشوه (الانفعال) يزداد مع الزمن (تشوه بطيئاً) ، هذا التشوه ليس تابع للحاصل فقط بل للزمن كذلك .

المواد البلاستيكية اذن لا تسلك سلوك الأجسام الصلبة Hooke ولا

(١) : الريولوجيا (Rhéologie) هو اسم مؤسسة علمية تأسست عام ١٩٢٨ لدراسة الجريان فقط . اهتمت بالزوجة المرنة Viscoélastique والزوجة اللدنة Viscoplasticité . هناك دراسات عديدة مكرو مكرورولوجي Microrhéologie مهمتها ربط الظواهر الميكانيكية الملاحظة عملياً بالتركيب الجزيئى للمادة (كيميائياً) .

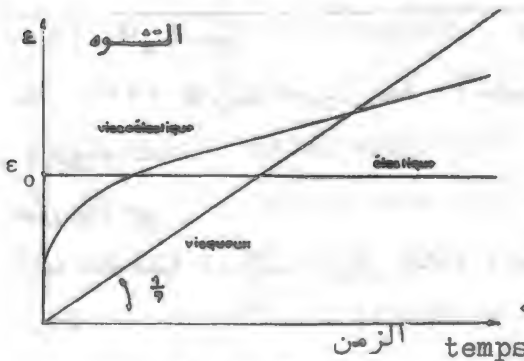
(٢) : Polychlorure de Vinyle : PVC

سلوك الأجسام المائعة Newtoniens • يجب الإشارة الى أن هذا السلوك المتوسط ليس خاص فقط للمواد البلاستيكية. وإنما أيضا للمواد المعدنية بدرجات حرارة مرتفعة •
يمكن الاستنتاج مما تقدم أن الزمن يلعب دورا أساسيا في الخواص والسلوك الميكانيكي للمواد البلاستيكية •
مثال توضيحي :

عند تعريض عينة من البلاستيك الى اجهاد محوري ثابت σ_0 ، التجارب تبين أن التشوه الناتج يزداد كتابع للزمن • نفس التجربة اجريت بحالتين ، الاولى للمواد الصلبة (التي تتبع قانون هوك Hooke) والثانية للمواد المائعة (التي تتبع قانون نيوتن Newton) بينت أن التشوه (الانفعال) في الحالة الاولى ϵ_0 يبقى ثابت ويحدد بالعلاقة $E = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}$ أما في الحالة الثانية فيزداد التشوه بشكل يتناسب مع الزمن بحيث أن ميل المستقيم يحدد اللزوجة الحركية η • للمادة وفق العلاقة :

$$\dot{\sigma} = \eta \frac{d\epsilon}{dt}$$

الشكل (٣) يبين منحنى تجريبي متوسط بين الحالتين المثاليتين يسمح لنا بالقول أن المواد البلاستيكية تملك بنفس الوقت خواص مرنة *Elastique*



وخواص لزجة *Visqueux* هاتين الخاصتين تظهران جزئيا بطريقة مستقلة عن الحدود :
a - مرونة صافية لحظية في الزمن $t=0^+$ لتطبيق الاجهاد •
b - لزوجة صافية بعد وقت طويل •

الشكل (٣)

في المجال الخطي ، حالة المادة يمكن أن تكون محددة بمعادلة تفاضلية وسلوك هذه المادة يمكن التعبير عنه بالنماذج الريولوجية العادية . النماذج الريولوجية يمكن أن تكون عناصر كهربائية (مقاومات ، مولدات ، ساحة مغناطيسية الخ) وعناصر ميكانيكية (كالنوابض Ressorts والمخمدرات Amortisseurs الخ) وهي الأكثر شيوعا واستعمالا .



النابض Ressort ويمثل مادة صلبة تتبع قانون هوك للمرونة :

$$\sigma(t) = E_0 \epsilon(t)$$

المخمد Amortisseur ويمثل مادة سائلة تتبع قانون نيوتن للزوجة :

$$\sigma(t) = \eta \dot{\epsilon}(t)$$



لن ندخل كثيرا في التفاصيل لكن سنحاول اعطاء فكرة مختصرة تعتبر خطوة البداية لهذه الدراسات مع بعض النماذج ، ولنبدأ بتعريف كل من ظاهرتي التشوه البطيء Fluage والاسترخاء (نقصان التوتر) Relaxation .

التشوه البطيء : Fluage

هو التغير البطيء للتشوه $\Delta \epsilon$ كتابع للزمن (t) ، لجسم يتعرض لاجهاد

ثابت σ_0 بدرجة حرارة ثابتة T أي : $\Delta \epsilon = \sigma_0 f(t)$

حيث $f(t)$ هو تابع التشوه البطيء La fonction du fluage

في الحقيقة ان كلمة fluage غالبا تطلق على كل التشوهات المستمرة الناتجة عن عوامل غير محددة .

دراسة هذه الظاهرة مخبريا يحتاج للدقة والصبر ، حيث أن تجاربها في الشروط العادية قد تستغرق شهرا وسنين (خاصة بالنسبة للمعادن) .

الاسترخاء (نقصان التوتر) : Relaxation

هو التغير المستمر $\Delta \sigma$ كتابع للزمن (t) تحت تأثير اجهاد ابتدائي σ_0 يؤثر على الجسم بشوه ثابتة ϵ_0 ودرجة حرارة ثابتة T ، أي :

$$\Delta \sigma = \epsilon_0 R(t)$$

حيث $R(t)$ هو تابع الاسترخاء .
Fonction de la relaxation .
ان σ في الحالة الصلبة تنتهي الى قيمة محددة كتابع للزمن في حين أنه في حالة السائل فان σ تنتهي الى الصفر .
سنتهم بدراسة هذا التابع بشكل أكثر تفصيلا بعد قليل نظرا لأهميته بتحديد الخواص .

نموذج ماكسويل : Maxwell

لدينا عود من مادة ذات سلوك Viscoélastique لها خواص المرنة واللزوجة مجتمعة ، تتأثر باجهاد محوري ، المعادلة العامة التي تعطي العلاقة بين الاجهاد والتشوه (الانفعال) تكون تابعا للزمن .
سلوك نموذج ماكسويل هو نفسه سلوك المادة المذكورة ، يتألف النموذج من نابض ressort يمثل الخواص المرنة ومن مخمد amortisseur يمثل خواص السائل اللزج . هذين العنصرين مربوطين على التسلسل لذا فان الاجهاد واحد للعنصرين في حين أن التشوه يتألف من جزئين ، أحدهما يطابق تشوه النابض والآخر تشوه المخمد .
اذن تكون المعادلة التفاضلية العامة هي :

$$\frac{d\epsilon(t)}{dt} = \frac{1}{G} \frac{d\sigma(t)}{dt} + \frac{1}{\eta} \sigma(t)$$



لايجاد تابع التشوه البطي $f(t)$ فقد وجدنا بالتعريف ان الاجهاد σ_0 يكون ثابت ومشتقه يساوى الصفر وبالتالي يمكن كتابة المعادلة السابقة على النحو الآتي :

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{G} + \frac{1}{\tau} \frac{\sigma_0 \cdot t}{1}$$

ومنه فان تابع التشوه

$$f(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma_0} = \frac{1}{G} + \frac{t}{\tau} \quad \text{البطي هو :}$$

لايجاد تابع الارتخاء $R(t)$ ، فقد وجدنا بالتعريف ان التشوه ε_0 ثابت ومشتقه يساوى الصفر وبالتالي :

$$\frac{d\varepsilon(t)}{dt} = 0 \longrightarrow \frac{1}{G} \cdot \frac{d\sigma(t)}{dt} = - \frac{1}{\tau} \sigma(t)$$

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{-t/\tau}$$

حيث ان : $\sigma_0 = G \varepsilon_0$ ، وفرضاً ان : $\tau = \frac{\tau}{G}$

$$R(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon_0} = G e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{فيكون :}$$

حيث : t هو الزمن .

Temps de relaxation τ : هو زمن الارتخاء ، $\tau = \frac{\tau}{G}$

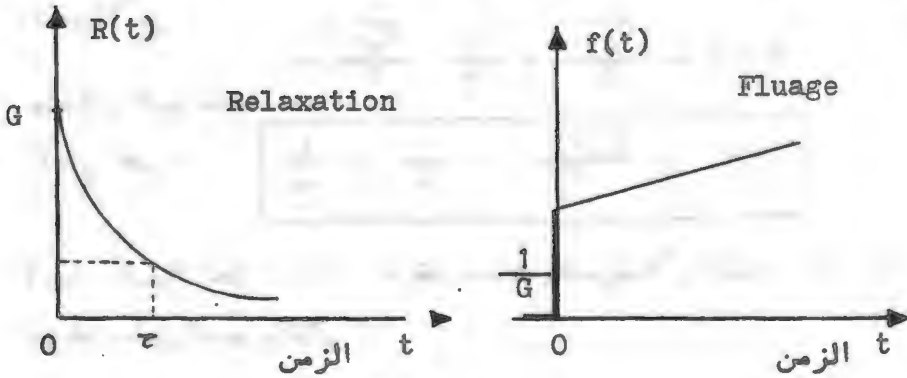
اذا كان $t = \frac{\tau}{G}$ فان : $\frac{\sigma(t)}{\sigma_0} = \frac{1}{e} = \frac{1}{2,7} \approx \frac{1}{3}$

وحيث ان زمن الارتخاء هو الزمن بعد ان يوتر الاجهاد الاولي σ_0

بتشوه ثابت ε_0 على الجسم Maxwell ، فان قيمة $\sigma(t)$ تنخفض

بمقدار $\frac{1}{2,7}$ أى حوالي الثلث من قيمتها بالهداية : $\frac{\sigma(t)}{\sigma_0} = \frac{1}{3}$

يمكن تمثيل كل من تابعي التشوه البطيء $f(t)$ والارتخاء $R(t)$ بالنسبة لنموذج ماكسويل بيانها بالنسبة للزمن على النحو الآتي :



مثال للحل :

عمود من مادة ذات سلوك Viscoélastique لها خواص المرونة واللزوجة مجتمعة ، تتأثر باجهاد محوري . سلوك هذه المادة يمثل بنموذج Kelvin الذي يتألف من نابض يمثل الخواص المرنة ومن مخمد يمثل الخواص اللزجـة ، هـذه من العنصرين مربوطين على التوازي أى أن التشوه للنابض والمخمد واحده في حين أن الاجهاد σ يتألف من جزئين أحدهما للنابض والآخر للمخمد .

المطلوب : ١- إيجاد المعادلة التفاضلية العامة لسلوك مادة العمود .

٢- إيجاد تابع التشوه البطيء $f(t)$.

٣- إيجاد تابع الارتخاء $R(t)$.

٤- التمثيل البياني لكل من $f(t)$ و $R(t)$ بدلالة

الزمن t .

تطبيق عملي

مقارنة بين جسم مرن وجسم لزج - مرن من ناحية الليونة (الملاحظة بالانحناء يدويا)

- ان هذه المواد مثلة بالتتابع بواسطة نابض وجسم Voigt
- الليونة متناسبة مع القابلية للتشوه ϵ والمتاسبة بدورها مع الاجهاد σ وكذلك متناسبة عكسيا مع المعامل E

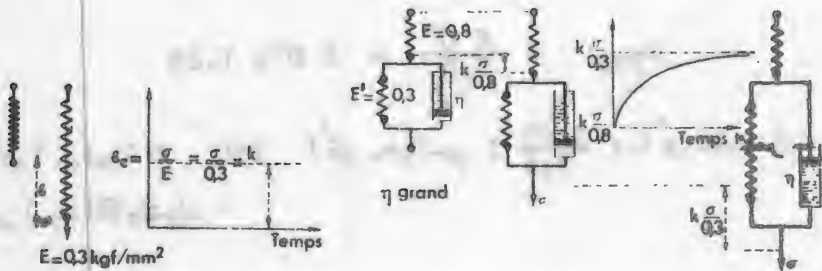
$$S = K \epsilon = K \frac{\sigma}{E}$$

الليونة الساكنة Souplesse statique (انحناء بطيء باليد) :

بعد احداث تشوه مستمر بتأثير ضغط الماء σ في قناتين

متماثلتين ، الأولى من الكاوتشوك حيث $E = 0,3 \text{ Kg}_f/\text{mm}^2$

والثانية من الـ PVC اللدن حيث $E' = 0,3 \cdot E = 0,09 \text{ Kg}_f/\text{mm}^2$



(A)

(B)

- A - الليونة النسبية لانبوب من الكاوتشوك
- B - الليونة النسبية لانبوب من الـ PVC

(قيمة ٢ كبيرة) ، من الشكل السابق يمكن ملاحظة الليونة
كالتالي :

$$S_{\text{caoutchouc}} = \frac{K \sigma}{E} = K \sigma \times 3,3$$

$$S_{\text{PVC}} = K \left(\frac{\sigma}{0,3} + \frac{\sigma}{0,8} \right) = K \sigma \frac{1,1}{0,24}$$

$$\approx K \sigma \times 5$$

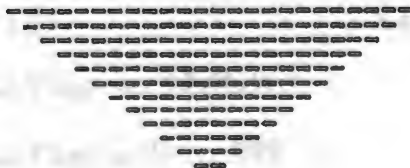
أي أن ال PVC أكثر ليونة من الكاوتشوك بمقدار 1,5 = $\frac{5}{3,3}$
مرة تقريبا .

الليونة الحركية Souplesse dynamique (انحناء سريع جدا
باليد) : يتحدد بها الليونة اللحظية حيث أن المرونة المتأخرة
لا تدخل بالحساب :

$$S_{\text{caoutchouc}} = \frac{K \sigma}{0,3} = K \sigma \times 3,3$$

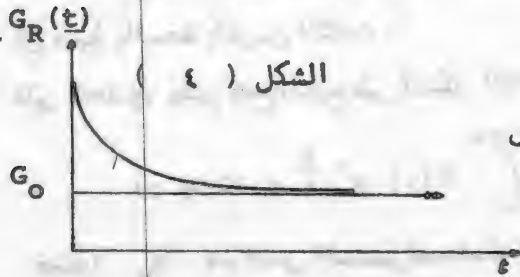
$$S_{\text{PVC}} = \frac{K \sigma}{0,8} = K \sigma \times 1,25$$

أي أن ليونة ال PVC أقل بحوالي ($\frac{1,25}{3,3}$) ، أي ثلاث مرات
من ليونة الكاوتشوك .



تابع معامل الاسترخاء : Fonction , Module de relaxation

نقول أن هناك ارتخاء بالمادة عند ما يأخذ توازن الذرة زمنا ملحوظا ليقبل تغير مفروض للشروط الخارجية . لناخذ منحنى الشكل (٤) - يمثل الارتخاء . $G_R(t)$ كتابع للزمن t ، يمكن تمثيل هذا وفق المعادلة التالية :



$$G_R(t) = G_0 + \psi(t)$$

التابع $\psi(t)$ دائما متناقص

ويمكن تشيله بمعادلة تكاملية

من النموذج التالي :

$$\psi(t) = \int_0^{\infty} H(\tau) e^{-\frac{t}{\tau}} d(\log \tau)$$

حيث : $H(\tau)$ تابع توزيع الارتخاء ، distribution de relaxation

وسمح بتقدير كثافة عملية الارتخاء من أجل الزمن (τ) الذي يدعى

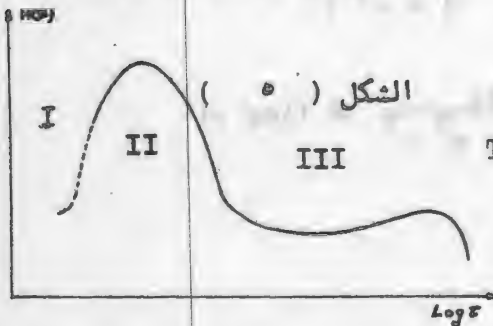
بزمن الارتخاء ، temps de relaxation ، هو من خواص المادة

البلاستيكية لدرجة حرارة معطاة .

الشكل (٥) يبين شكل التابع $H(\tau)$ من أجل البلاستيك

الحرارى TP كتابع للوقت زمن الارتخاء $(\log \tau)$. موضع المناطق

المبينة على الشكل يعتمد على درجة الحرارة (ستدرس أكثر تفصيلا فيما بعد) .



I - منطقة صلبة هشة Vitreuse

II - منطقة تحول Transition

III - منطقة كاوتشوكية

Caoutchoutique .

رأينا سابقاً أن المادة ذات السلوك *Viscoélastique* هي عبارة عن مجموع مادتين أساسيتين : صلبة *Hookien* وسائلة *Newtonien* رياضياً يمكن تبين أن المعادلة التي تبين الحالة لهذه المادة هي معادلة تفاضلية خطية بمعامل ثابتة ، حل هذه المعادلة من أجل تشوه ثابت مفروض (حالة الارتخاء) يمكن كتابته بشكل سلسلة من التوابع الأسية التي يتميز كل منها بالسعة والزمن الثابت .

على الحدود يمكن وضع التابع على الشكل التالي :

$$G_x(t) = G_0 + \int_{-\infty}^{+\infty} H(\tau) e^{-\frac{t}{\tau}} d(\log \tau)$$

حيث : G_0 هو الحل المستمر للمعادلة التفاضلية .
كل حد هو عبارة عن جزء حقيقي وآخر تخيلي ، واستخدام تحويلات *Stieltjes* يمكن الحصول على التوابع المعقدة التالية :

$$G^* = G_1 + i G_2$$

$$G^*(i\omega) = i\omega \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{H(\tau)}{1 + i\omega\tau} d(\log \tau) + G_0$$

وبالتحليل نجد :

$$G_1 = G_0 + \int_{-\infty}^{+\infty} H(\tau) \frac{\omega^2 \tau^2}{1 + \omega^2 \tau^2} d(\log \tau)$$

$$G_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} H(\tau) \frac{\omega\tau}{1 + \omega^2 \tau^2} d(\log \tau)$$

نموذج زينير الخطي : ZENER

يكون سلوك المادة مثلاً بعلاقة خطية عند ما يحقق التجميع L' additivité للاجهادات والتشوهات من جهة ، وقابليتهم للانعكاس (العودة الى الصفر) من جهة أخرى .

نموذج زينير الهام Zener يمثل جسم صلب Hooke مربوط على التسلسل مع نموذج Kelvin أو Voigt والذي رأيناه من خلال المثال للحل صفحة (٣٠) ويتألف من نابض ومُخمِد مربوطين على التوازي . المعادلة التفاضلية للحركة لنموذج زينير الشكل (٦) تكتب بالشكل التالي :

$$\sigma + \tau_{\epsilon} \dot{\sigma} = G_R (\epsilon + \tau_{\sigma} \dot{\epsilon}) \quad (1)$$

حيث :

• σ : الاجهاد

• ϵ : التشوه (الانفعال)

• τ_{ϵ} : زمن الارتخاء للاجهاد تحت تشوه ثابت

• τ_{σ} : زمن الارتخاء للتشوه تحت اجهاد ثابت

• G_R : معامل المرونة بحالة الارتخاء (معامل الصلابة)

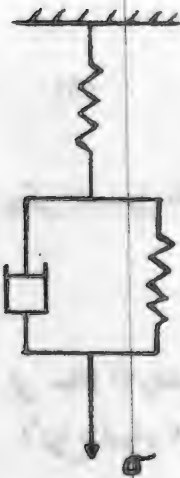
من السهل تبيان أن :

$$G_I = G_R \frac{\tau_{\sigma}}{\tau_{\epsilon}} \quad (2)$$

حيث : G_I : هو معامل المرونة اللحظي (بحالة عدم الارتخاء)

في حالة التحريض الدوري Sollicitation périodique يمكن البحث

عن حلول للمعادلة (١) من الشكل التالي :



الشكل (٦)

$$\sigma = \sigma_0 \exp i (\omega t) \quad \varepsilon = \varepsilon_0 \exp i (\omega t - \phi) \quad (3)$$

يمكن ان كتابة معادلة السلوك بالشكل $\sigma = G(t) \varepsilon$ حيث G هي :

$$\bar{G} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = G_R \frac{1+i\omega \tau_\sigma}{1+i\omega \tau_\varepsilon} = G_1 + iG_2 \quad (4)$$

هذا النموذج العقدي \bar{G} يتكون من جزء حقيقي G_1 (المعامل الديناميكي) وجزء تخيلي G_2 .
بفرض أن : $\Delta\tau = \tau_\sigma - \tau_\varepsilon$ ، $\tau^2 = \tau_\sigma \tau_\varepsilon$ فيكون :

$$\bar{G} = G_R \frac{1+\omega^2 \tau^2}{1+\omega^2 \tau^2} + i G_R \frac{\omega \Delta\tau}{1+\omega^2 \tau^2} \quad (5)$$

يمكن الحصول على العلاقات التقليدية ل Debye :

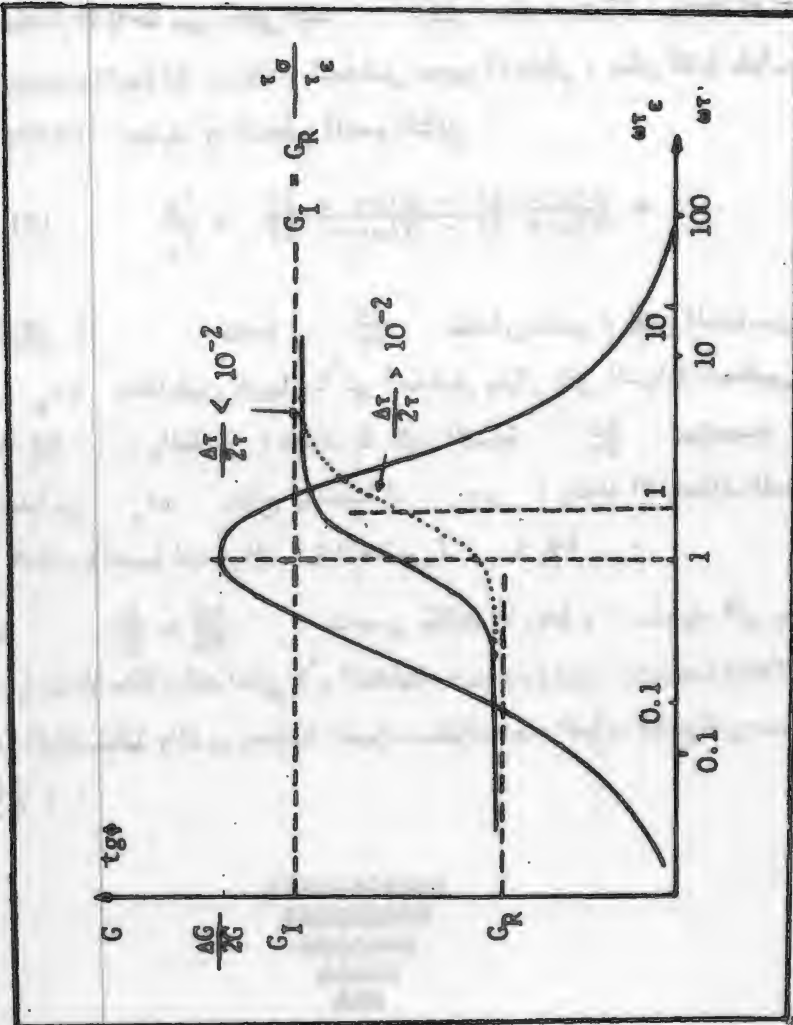
$$\tan \phi = \frac{G_I - G_R}{2G} \cdot \frac{2\omega\tau}{1+\omega^2 \tau^2} = \frac{G_2}{G_1}$$

في حالة الارتخاء الكبير للاجهاد (في درجات الحرارة المرتفعة) ولبعض أنواع المواد البلاستيكية في درجات الحرارة الاعتيادية) ، فان التقريب $\tau_\sigma = \tau_\varepsilon$ يصبح غير مقبول وتصبح علاقات Debye على النحو التالي :

$$\tan \phi = \frac{G_I - G_R}{2G} \cdot \frac{2\omega\tau}{1+\omega^2 \tau^2} \quad (6)$$

$$G = G_I - \frac{G_I - G_R}{1 + \frac{\tau_\varepsilon}{\tau_\sigma} (\omega\tau)^2}$$

الشكل (٧)



هذه العلاقات موضحة بصورة بيانية على الشكل (٧) الذى يبين مخططا

ل ϕ ، $\text{tg } \phi$ ، G كوابل $\omega \tau$.

بأخذ مقدار الازاحة بين محور القمة L'axe du pic ونقطة الانعطاف

Point d'inflexion للمعامل بعين الاعتبار ، يمكن كتابة مقياس

Paramètre جديد وذلك على النحو التالي :

$$\eta = \frac{G(\omega\tau \gg 1) - G(\omega\tau = 1)}{G(\omega\tau = 1) - G(\omega\tau \ll 1)} = \frac{\tau \sigma}{\tau \epsilon} \quad (7)$$

على الشكل () عندما $\frac{\Delta \tau}{2\tau}$ مقدار صغير ، يكون المقياسين

$\omega \tau$ ، $\omega \tau_e$ متطابقين تقريبا وتأثير المعامل يتركز على النهاية العظمى

ل ϕ ، $\text{tg } \phi$. بالمقابل ، فعند ما تكون النسبة $\frac{\Delta \tau}{2\tau}$ مرتفعة

فان المقياس $\omega \tau_e$ ينزاح بالنسبة ل $\omega \tau$ ، ونقطة الانعطاف للمعامل

تنزاح كذلك بالنسبة لمحور النهاية العظمى ل ϕ ، $\text{tg } \phi$.

النسبة $\frac{\Delta G}{2G} = \frac{\Delta \tau}{2\tau}$ تدعى بكثافة الارتخاء (سنعود الى بحثها

عند دراسة الاحتكاك الداخلي والتخامد Frottement intérieur

للمواد البلاستيكية والذى يعطينا تغيرات سلوك هذه المواد كنابع لدرجة

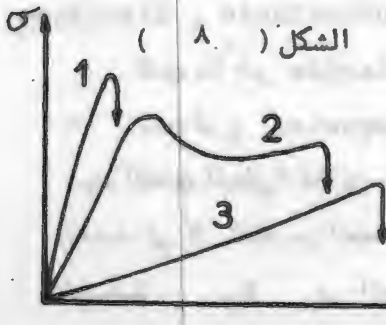
الحرارة) .

~~~~~  
~~~~~  
~~~~~  
~~~~~  
~~~~~  
~~~~~  
~~~~~

٤ - ٢ - الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمواد البلاستيكية الحرارية TP :

٤-٢-١- المواد البلاستيكية الحرارية TP الخطية ذات السلاسل الغير منتظمة Amorphe :

الخواص بدرجة الحرارة العادية : الكتلة الحجمية لهذه المواد الغير محملة  $1,5 - 1 \text{ g/cm}^3$  وتكون شفافة . معامل التمدد الخطي بحدود  $5-8 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  . ( ١ ) .



لوعرضنا هذا النوع من المواد لتجربة شد بدرجة الحرارة العادية لوجدنا ثلاثة نماذج من المخططات ، الشكل ( ٨ ) :

( ١ ) يطابق التشوه الهش .

( ٢ ) يطابق التشوه اللدن .

( ٣ ) يطابق التشوه المطاطي ( الكاوتشوكي ) .

١ - التشوه الهش : Déformation fragile :

الشكل ( ٩ ) . بدرجة الحرارة العادية .

مثل هذا التشوه يوافق بعض المواد مثل :

SAN , PMMA , PS

التمدد حتى الانهيار ضعيف ومحدود 5 % .

معامل المرونة يتراوح بين :

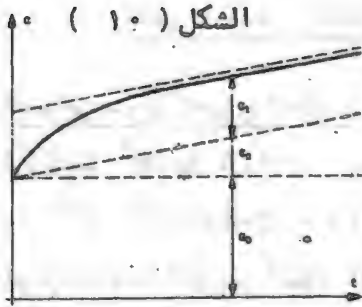
300 - 500 daN/mm<sup>2</sup>

( ١ ) : لا خذ فكرة عامة عن الخواص يمكن الاستعانة بجداول الخواص

— نهاية الكتاب — مواد الـ PVC و PS .

التشوه الهش يكون مصحوب بانخفاض طفيف بدرجة حرارة العينة يمكن قياسه ولكن بصعوبة بالغة .

تجربة تشوه بطيء : Fluage :



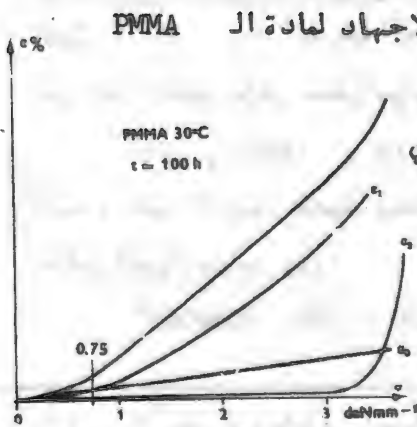
الشكل ( ١٠ ) يبين منحنى التشوه البطيء لهذه المواد كتابع للزمن حيث :  
 • : التشوه اللحظي (العرن)  
 Instantanée , élastique

- : تشوه متأخر Retardée
- : تشوه لزج Visqueuse

سرعة التشوه البطيء تتطابق زيادة التشوه بوحدة الزمن أى :  $\left(\frac{d\epsilon}{dt}\right)$   
 وتحدد في كل نقطة من المنحني بالميل • عليا تحدد سرعة التشوه البطيء  
 الوسطية  $K_F$  من العلاقة :

$$K_F(t_2, t_1) = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{t_2 - t_1}$$

حيث :  $\epsilon_1, \epsilon_2$  هي التشوهات بالازمنة الموافقة  $t_1, t_2$  .



الشكل ( ١١ ) يبين منحنى التشوه لاجهاد لمادة الـ PMMA

(مدة التجربة ١٠٠ ساعة) بدرجة حرارة 30°C . نلاحظ أن المنحني

يصبح غير خطي عند 0,75 daN/mm²

إذا فحصنا الخط الممثل للتشوه اللزج

فترى أن المادة تشوه تشوها قابلا

للانعكاس حتى 3,15 daN/mm²

وهذا يمثل 2 % فقط من

التشوه الكلي .

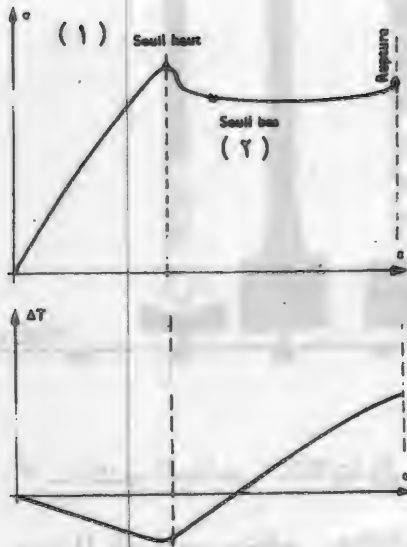
الشكل ( ١١ )



- تشوه هذه المواد بدرجة الحرارة العادية يسبب شقوق رفيعة تبدأ بالظهور عند النقطة الحرجة للتمدد والتي تعتمد على سرعة التحريض الموثّر .
- بالنسبة لـ PS و PMMA فهذه النقطة تكون عند 0,75 %
- سبب تشقق المادة يعود الى تركيبها الجزيئي ( وجود مناطق تكون فيها معظم قوى الارتباط بين الجزيئات Intermoléculaire موازية لمحور القوى الموثّرة ) .

هذا التشقق يمكن أن ينتج في القطع المنتجة بالحقن أو البثق أو بالتشكيل وتعطي اجهادات داخلية تكون سببا للانهييار .

## ٢ - التشوه اللدن Déformation plastique :



الشكل ( ١٢ ) يمثل العلاقة بين

الاجهاد والتشوه بهذه الحالة ،

ونلاحظ على المنحني النقطة العليا

( ١ ) والنقطة السفلى ( ٢ ) ونقطة

الانهيار ( ٣ ) .

الشكل ( ١٣ ) يمثل التبادل

الحرارى خلال التجسيرة .

معامل المرونة  $150-300 \text{ daN/mm}^2$

الاجهاد في النقطة العليا يساوى :

$$3 - 7,5 \text{ daN/mm}^2$$

التمدد حتى الانهييار 15 - 300 %

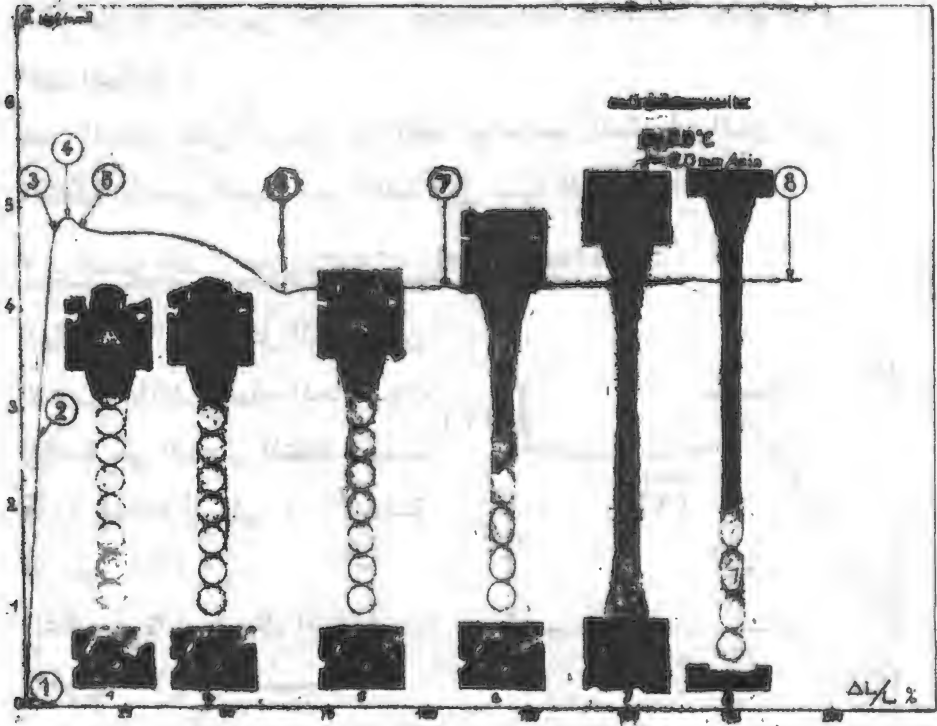
التمدد في النقطة العليا فقط :

$$15 - 30 \%$$

— في الأعلى — الشكل ( ١٢ )

— في الأسفل — الشكل ( ١٣ )

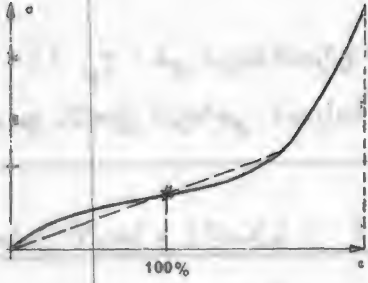
الشكل التالي يمثل صورة المراحل التي تمر بها العينة لمادة البلاستيك الحراري المنتظم ( نفسها للغير منتظم Amorphe ) ١٠ رقم العينات تتطابق مع أرقام النقاط المثلثة على المخطط .



### ٣ - التشوه المطاطي ( الكاوتشوكي ) : Déformation Caoutchoutique :

بعض المواد الغير منتظمة Amorphe مثل Ethylène-propylène لها سلوك مشابه لسلوك الكاوتشوك بدرجة الحرارة العادية .

الشكل ( ١٤ ) يمثل هذا السلوك . معامل المرونة ضعيف جدا وأصغر من  $1 \text{ daN/mm}^2$  ، هذا المعامل يتناقص لثلاثي قيمته ثم يزداد عند التمدد



الشكل ( ١٤ )

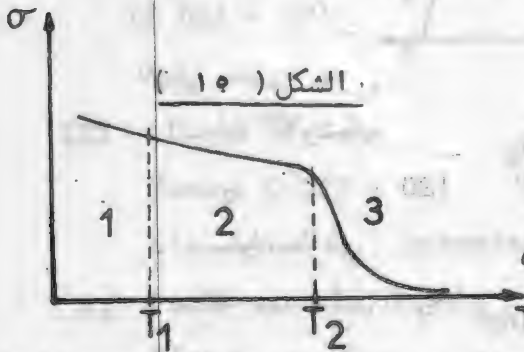
- الكبير • المعامل يحسب غالباً عند قيمة
- مناسبة للتعدد ، مثلاً 100 %
- مثل هذه المواد يمكن أن تتعدد نسبة
- 500 - 1000 %

مرونة الكاوتشوك هذه ناتجة عن الدوران الحر للسلاسل الجزيئية الرئيسية حيث أن قوى الارتباط بين الجزيئات ضعيفة جداً • لا مجال للدخول بتفاصيل أكثر لأنه موضوع مستقل بذاته لن نتطرق له •

تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية للبلاستيك الحراري TP ذو

السلاسل الغير منتظمة Amorphe :

إذا مثلنا تغير درجات الحرارة على محور السينات وتغير الاجهاد في النقطة العليا (١) الشكل ( ١٢ ) الذي هو اجهاد الانهيار على محور العيّنات ، فانتا نحصل على الشكل ( ١٥ ) ، الذي يبين تغيرات اجهاد انهيار الانهيار كنابع لدرجة الحرارة حيث يمكن أن نميز عليه ثلاثة مناطق :



الشكل ( ١٥ )

- (١) : منطقة انهيار هش •
- (٢) : منطقة تشوه لدن •
- (٣) : منطقة تشوه كاوتشوكي •

حيث أن اجهاد الانهيار يتغير خطياً حتى  $T_1$  مع سلوك هش ، ثم حتى  $T_2$  مع سلوك

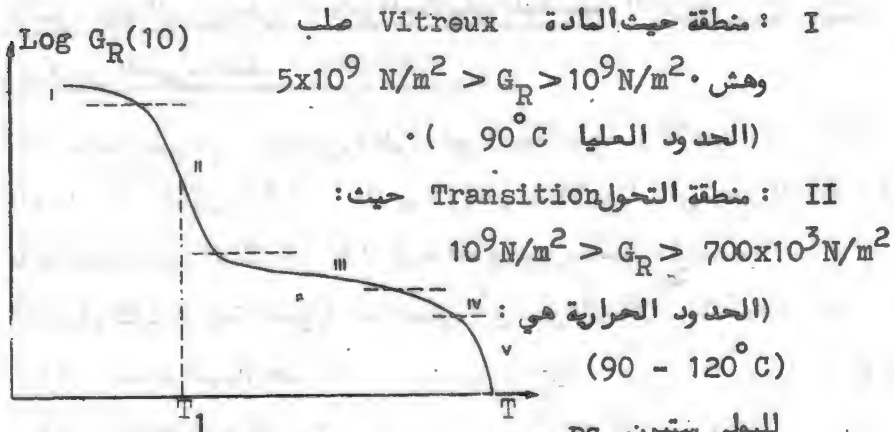
لدن وتكون درجة الحرارة هذه قريبة من درجة حرارة التحول الزجاجي (×)

Température de transition Vitreuse ( $T_v$ ) ومن ثم يصبح السلوك كاوتشوكي •

(x) :  $T_g$  : هي درجة الحرارة المنخفضة التي يتم عندها تحولها في المادة ندعوه بالتحول الزجاجي (سنراه أكثر تفصيلا عند دراسة الاحتكاك الداخلي) .

Module de Relaxation  $G_R(t)$  : (الصلابة) • معامل الارتخاء

قام Tobolsky بدراسة معامل الارتخاء • حيث الزمن ( $t = 10s$ ) ونرمز له بـ  $G_R(10)$  • الشكل ( ١٦ ) يوضح المنحني الذي يبين سلوك البلاستيك الحراري الغير منتظم عند تغير درجة الحرارة • على هذا المنحني  $\log G_R(10) - T$  يمكن تمييز خمسة مناطق لدرجة الحرارة :



الشكل ( ١٦ )

• البولي ستيرين PS

• Elastomère ذات سلوك مطاطي

• Viscoélastique

V : منطقة حيث المعامل أقل من  $10 \times 10^3 \text{ N/m}^2$  وحيث المادة

تقريبا مائع مجرد من امكانية عودة المرونة .

المناطق الخمسة منفصلة عن بعضها بأربع درجات حرارة مبنية بالجدول

التالي لبعض المواد البلاستيكية :

| المادة      | I       | II      | III    | IV     |
|-------------|---------|---------|--------|--------|
| Polystyrène | - 90° C | 120° C  | 150° C | 177° C |
| Polysulfone | - 60° C | - 40° C | 180° C | 230° C |
| Caoutchouc  | - 60° C | - 40° C | 190° C | 220° C |

من أجل المطاط Elastomères ، فان شكل المنحني هو نفسه ولكن

المنطقة الكاوتشوكية تكون ممتدة أكثر .

### تأثير الزمن :

المجالات الحرارية التي تحدد المناطق ذات السلوك Viscoélastique

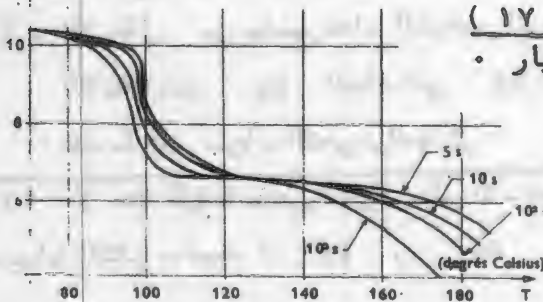
تعتمد على الزمن المختار ( مثلا ١٠ ثانية في مخطط Tobolsky ) .

اذا رسمنا منحني معامل الارتخاء ، كتابع لتغير درجة الحرارة ولا زمنة مختلفة

1000s , 100s , 10s , 5s نلاحظ أن حدود درجات الحرارة تتزاح نحو

درجة الحرارة الأخفض عند ما يكون الزمن أكبر ، الشكل ( ١٧ ) .

$\uparrow \text{Log } G_R(t)$



الشكل ( ١٧ )

$G_R(t)$  : مقدرة بالمكروبار .

## ٤-٢-٢ - المواد البلاستيكية الحرارية TP الخطية ذات السلاسل

### • المنتظمة (المتبلورة) Cristallins

الخواص بدرجة الحرارة العادية : هذه المواد تكون نصف شفافة (شفافة في الطبقات الرقيقة) ، الكتلة الحجمية لهذه المواد تكون بحـدود  $0,9 - 2,3 \text{ gr/cm}^3$  ، وتكون بحـدود الواحد لـ  $\text{Polyoléfines}$

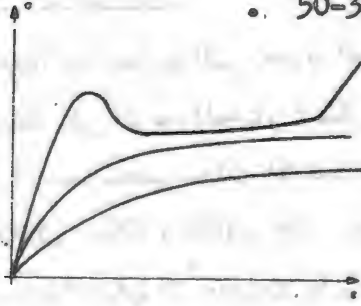
القيمة العظمى تكون  $\text{Polytétrafluoréthylène}$  .

معامل التمدد الخطي يكون بحـدود  $10^{-5} \text{ K}^{-1} (30 - 12)$  (١٠) .

منحنيات تجارب الشد لهذه المواد بدرجة الحرارة العادية تعطي فقط مخططات بنقطة بد • جريان (النقطة العليا) تكون واضحة أو غير واضحة

تبين تعدد كبير قيمته بحـدود  $100 - 500\%$  الشكل ( ١٨ ) •

معامل المرونة يكون بحـدود  $50-350 \text{ daN/mm}^2$  •



المخططات التي بدون نقطة بد • جريان (النقطة العليا) توافق المواد الأقل

انتظاما • من أجل المواد المنتظمة

فضحتي الشد يعطي نقطة عليا ونقطة

سفلى ، الفرق بين الاجهادات لهاتين

النقطتين يتناقص حتى يختفي في عدة

حالات : الانتقال من بوليمر معاد التسخين الى بوليمر مبلل •

الانتقال من PA الجاف الى PA الرطب •

: عند ما تقلل سرعات التحريض المؤثر •

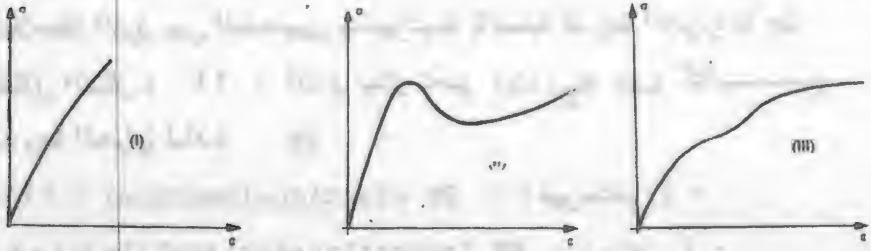
(١) : لا خذ فكرة عامة عن الخواص يمكن الاستعانة بجداول الخواص

- نهاية الكتاب - لمواد ال PE و PA •

تأثير درجة الحرارة على خواص الميكانيكية للبلاستيك الحراري TP في

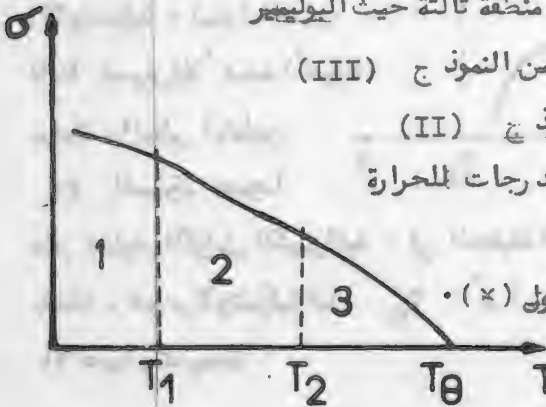
المركبات المنتظمة : Cristallins

١- تجارب الشد لهذه المواد بدرجات حرارة مختلفة تعطي منحنيات من نماذج مختلفة كما بالشكل ( ١٩ ) في درجة الحرارة المنخفضة نحصل على المنحني (I) ، ثم منحنيات من النموذج (II) ، ثم غالبا (وليس دائما) منحنيات من النموذج (III)



الشكل ( ١٩ )

إذا مثلنا اجهاد النقطة العليا (اجهاد الانهيار) على محور العينات كتابع لتغير درجة الحرارة (محور السينات) ، الشكل ( ٢٠ ) حيث يمكن أن نحدد على المنحني منطقة السلوك الهش حتى  $(T_1)$  ، منطقة سلوك لدن حتى  $(T_2)$  ، وهناك منطقة ثالثة حيث البوليمر



القليل الانتظام يعطي منحني من النموذج (III)

والبوليمر المنتظم جدا من النموذج (II)

هذه المناطق تحدد بثلاثة درجات للحرارة

$T_0$  ،  $T_2$  ،  $T_1$  حيث :

$T_2$  : تطابق درجة حرارة التحول (x) .

$T_0$  : تطابق درجة حرارة

الانصهار

(x) : التحول للجزء الغير منتظم . الشكل ( ٢٠ )

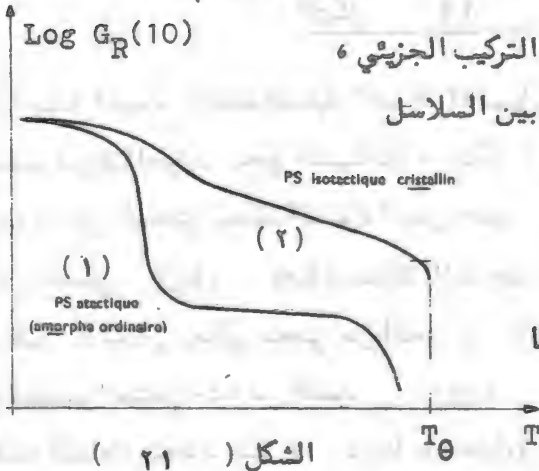
## معامل الارتخاء (الملاية) : $G_R$ Module de Relaxation

ان المنحني الذي يمثل  $(10) \log G_R$  كتابع لدرجة الحرارة للمواد ذات السلاسل الجزيئية المنتظمة يكون مسطحاً كثيراً أكثر بكثير من المنحني المعامل للمواد الغير منتظمة (رأينا سابقاً بالشكل - ١٦ -) ، ولكنه مع ذلك يهبط بشدة وبشكل مفاجئ عند درجة الحرارة  $T_0$  (درجة حرارة الانصهار) .

لملاحظة الفرق بين المنحنيين وتغيراتها بالنسبة لدرجة الحرارة نأخذ كمثال الشكل ( ٢١ ) الذي يمثل تغير  $\log G_R(10)$  كتابع لدرجة الحرارة لمادة PS .

( ١ ) : PS atactique(amorphe) : (غير منتظم ) .

( ٢ ) : PS isotactique(cristallin) : (منتظم ) .



ان خلق نقاط تثبيت داخل التركيب الجزيئي ، وذلك بانشاء روابط كيميائية بين السلاسل

بالتعريض للأشعة مثلاً يولد

بعد  $T_0$  ظهور الحالة

الكاثشوكية ، لهذا السبب

فاننا نعرض للأشعة أحياناً

برفيلات البولي إيثيلين

PE المبثوقة خصوصاً

عند تغليف الكوابل الكهربائية . في الحقيقة أن البوليمير المنتظم يبدأ

باعتطاء خواص كاثشوكية قبل  $T_0$  أي ابتداءً من  $T_2$  حيث يبدأ

بالانصهار تدريجياً .



البوليمير المنتظم الغير شبكي الشكل Non réticulés يمر من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة في مجال حرارى صغير (خلال بضـ درجات) ، البولياميد PA مثلا .

عملية تصنيع البوليمير المنتظم بطريقة التشكيل والتي تتم بدرجة حرارة قريبة من  $T_0$  أكثر صعوبة من تصنيع البوليمير الغير منتظم .

ان دراسة توابع خصائص المواد البلاستيكية المنتظمة صعبة جدا ، حيث اننا غالبا نجد انفسنا امام مواد ذات تركيب منتظم وغير منتظم بنفس الوقت وعملية التمييز ليست بالبساطة التي نتصورها .

الجدول التالي يعطي قيم كل من  $T_1$  ،  $T_2$  ، و  $T_0$  لبعض المواد المنتظمة :

| المادة  | $T_1$        | $T_2$ | $T_0$  |
|---------|--------------|-------|--------|
| PE      | -101, -97° C | 10° C | 100° C |
| PEhd    | -21, +5° C   | 60° C | 125° C |
| PP      | -20, -1° C   | 60° C | 150° C |
| PA-6/6  | -73, -66° C  | 51° C | 250° C |
| PA-6    | 0 , +18° C   | 46° C | 220° C |
| PA-6/10 | -32° C       | 50° C | 220° C |
| PA-11   |              | 50° C | 175° C |
| PTFE    | -100, -82° C | 28° C | 300° C |

تقاس درجة حرارة الانصهار ( $T_0$ ) بـ Température de fusion بالاعتماد على خاصية ان البوليمير يصبح شفاف عند الانصهار .

### ٤ - ٣ - الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمواد البلاستيك المتصلب حرارياً TD :

الخواص بدرجة الحرارة العادية : سلاسل المجزيئات للمواد المتصلبة حرارياً تكون غير منتظمة (مشفوفة التركيب) Amorphe وبالتالي فعند ما لا تكون محملة أو ملونة فإنها تكون شفافة . تحضر غالباً بعملية التحام الأبخام Polycondensation وأحياناً تستخدم عملية البلمرة بالمشاركة أو عملية الإضافة Polyaddition ( وهي عملية إضافة مونومير على سلسلة المجزيئات الكبيرة ) .

الكتلة الحجمية  $\rho$  ومعامل التمدد الخطي  $\alpha$  لهذه المواد متقاربين مع البلاستيك الحراري الغير منتظم .

الشكل ( ٨ ) - من ٢٩ - يمثل العلاقة بين تغير الاجهاد  $\sigma$  والتشوه  $\epsilon$  لهذه المواد . والتشوه قابل للانعكاس حتى الانهيار . الجدول التالي يعطي قيم اجهاد الانهيار في الشد  $\sigma_t$  والضغط  $\sigma_c$  ومعامل المرونة E لبعض مواد البلاستيك المتصلب حرارياً :

| المادة     | PF      | MF       | UF       | EP      | Polyester |
|------------|---------|----------|----------|---------|-----------|
| E          | 320-500 | 700-1000 | 700-1000 | 300-400 | 450       |
| $\sigma_t$ | 5,5     | 4-8      | 4-8      | 6-7     | 2,5-7     |
| $\sigma_c$ | 15-30   | 28-30    | 17-35    | 12      | 15        |
| % ع        | 1-1,5 % | 0,5-1 %  | 0,5-1 %  | 5-8 %   | 5-7 %     |

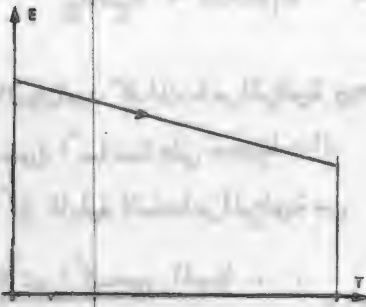
واحدة قياس القيم المعطاة بالجدول للاجهادات ومعامل المرونة هي (  $\text{daN/mm}^2$  ) . لا أخذ فكرة عامة عن الخواص يمكن الاستعانة بجدول

الخواص - نهاية الكتاب - لمواد ال PF , EP , MF .

تأثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية للبلاستيك المتصلب حرارياً :

الروابط ضمن الجزيئات التي تؤمن اللحام المجهدة تتأثر قليلاً بالحرارة بحيث أن كل الخواص الميكانيكية تتغير قليلاً كنسبة لدرجة الحرارة وذلك حتى درجة حرارة التحلل -  $T_{\text{decomposition}}$  والتي تكون بين  $300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$ .

معامل المرونة يتناقص بشكل خطي عند ارتفاع درجة الحرارة كما يبينه الشكل ( ٢٢ ) ، وكذلك اجهاد الانهيار ، وبالعكس فإن التمدد حتى الانهيار يزداد قليلاً .



الشكل ( ٢٢ )

تصنيع المواد البلاستيكية المتصلبة حرارياً بالضغط والتحويل تتضمن بعد رفع درجة حرارة الرينزين ، انجاز عملية التشبيك الحرارى Réticulation لسلاسل المادة المقوية . اذا تمت هذه العملية بشكل سيء فالمادة تحفظ بهذه الحالة لدونة حرارية

Thermoplasticité تبقى مرافقة لها .

تأثير الزمن :

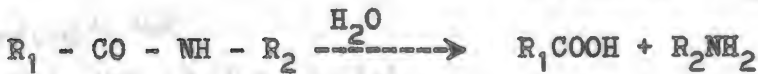
نتائج تجارب الشد تختلف تبعاً لاختلاف سرعة التحريض المؤثر ، منحنيات النتائج التي نحصل عليها تطابق دائماً تشوهات هشّة ( ع ) Fragile Lhermite بين أن اجهاد الانهيار يتغير خطياً كنسبة للوقت سرعة التحريض المؤثر .

٤ - ٤ - بعض الخواص المرتبطة بالتركيب :

٤ - ٤ - ١ - تأثير الوسائط الكيميائية :

تأثير الماء : بعض المواد البلاستيكية تستطيع أن تتحلل بالماء جزئياً ، مثل حالة البولياميد والبوليستر . هذا التحلل يكون أسرع في الماء الساخن حيث تتحطم السلاسل الجزيئية وتتناقص الخواص الميكانيكية للمادة من جراء ذلك .

مثال : Polyamides :



البولياميد كذلك ماص للرطوبة ويحتفظ بها ، مقدار الرطوبة الممتصة يعتمد بصورة أساسية على مجموعات الـ CO - NH البولياميد PA-11 أقل قابلية لامتصاص الرطوبة من PA-6/6 .

تأثير أكسجين الهواء : Action de l'oxygène de l'air :

يستطيع أكسجين الهواء أن يؤثر على المواد البلاستيكية بتأثير هام وهو خلق مجموعات الـ Carbonyles . هذا التأثير واضح مع PE و PP ويرتبط بالجزء الغير منتظم من التركيب الجزيئي . يمكن الحماية من هذا التأثير بإضافة مضادات للأكسدة Anti - oxydants .

تأثير الحموض والقواعد القوية (١) : Action des acides et des bases fortes :

ونميز حالتين : ١ - الحمض والقاعدة يؤثر مباشرة على المادة البلاستيكية .

(١) : القاعدة : ما يتفاعل مع حمض ليشكل ملح .

٢ - الشوارد  $H^+$  و  $OH^-$  تكون محفز على التحلل للمادة كما في الحالة التي رأيناها سابقا .

مثلا : البوليستر polyester يتأثر جدا بالقواعد القوية التي تسبب التصلب (تحول المادة الدهنية الى صابون) .

البولياميد PA يتأثر جدا بالحموض التي تولد تحلل مجموعات الأميد . المركبات ذات التركيب الجزيئي المنتظم تتحطم بالحموض .

لا مجال للخوض كثيرا في التفاصيل الكيميائية ولكن يمكن الاستفادة من الجداول التي تعطي الخواص - نهاية الكتاب - والتي تبين تأثير الحموض الضعيفة والقوية والمحاليل العضوية على العديد من المواد البلاستيكية .

#### ٤ - ٢ - الاحتراق : Combustibilité

هذا الموضوع هام جدا حيث تتبادر للذهن فورا قابلية الاحتراق عند ذكر خواص المواد البلاستيكية . وحيث أنه ليس من اختصاصنا ، لذا سنذكر فقط المواد البلاستيكية مصنفة حسب قابليتها للاحتراق :

#### مواد قابلة للاحتراق : Matériaux combustibles

وهي المواد التي تحتوي بصورة عامة على الكربون والهيدروجين ( PE , PS , caoutchouc ) والتي تحتوي على الكربون ، الهيدروجين والأكسجين مثل الفينولاست Phénoplastes . قابلية الاحتراق لهذه المواد تخف عند ما تكون المادة مسلحة (خاصة الحمل المعدني minérales ) .

#### مواد غير قابلة للاحتراق : Matériaux incombustibles

وهي المواد التي تحتوي بصورة خاصة الفلور ، الكلور ، الآزوت ، الفوسفور والسيليسيوم ..... الخ . مثل : silicons, PVC, PTFE .

مواد اطفاء ذاتي : Matériaux à auto-extinction

وهي المواد التي تحترق فقط عند ملاستها بشكل مستمر لسطح بدرجة حرارة مرتفعة أو واللهب مباشرة .  
حقن المواد القابلة للاشتعال ببعض المواد الاضافية المختلفة يجعلها تصبح مواد ذات اطفاء ذاتي .

الفصل الثاني من الجزء الثاني يبين خواص المواد البلاستيكية بالنسبة للاحتراق وكذلك الجداول - نهاية الكتاب - .

٤ - ٥ - الاحتكاك الداخلي والقدرة على التخميد :

Frottement intérieur , Capacité d'amortissement:

المواد البلاستيكية حساسة جدا للحرارة ، لذا فدراسة سلوكها كتابع لتغير درجة الحرارة من الأمور الهامة جدا لمعرفة التحولات التي تحدث بالمادة عند كل درجة حرارة وهي امكانية استخدامها في التطبيق والانتاج عند درجة الحرارة هذه .

عامل الصلابة مثلا ، ولاجل زمن محدد (تردد معين) ، يتناقص تدريجيا بزيادة درجة الحرارة ( هناك عدد من الحالات الاستثنائية بالنسبة فقط للبلاستيك المتصلب حراريا ) ، المنحني البياني الممثل لهذا التناقص يعطي عدد من نقاط الانعطاف ( بعضها يكون واضح جدا والبعض الآخر أقل وضوحا ) عند درجات حرارة تمثل نقاط التحول (تغير التركيب من حال الى حال ) ، حيث أن معرفة هذه التحولات ودرجات حرارتها يسهل على تحديد امكانية استخدام هذه المواد على الشكل الصحيح استنادا الى خواصها .

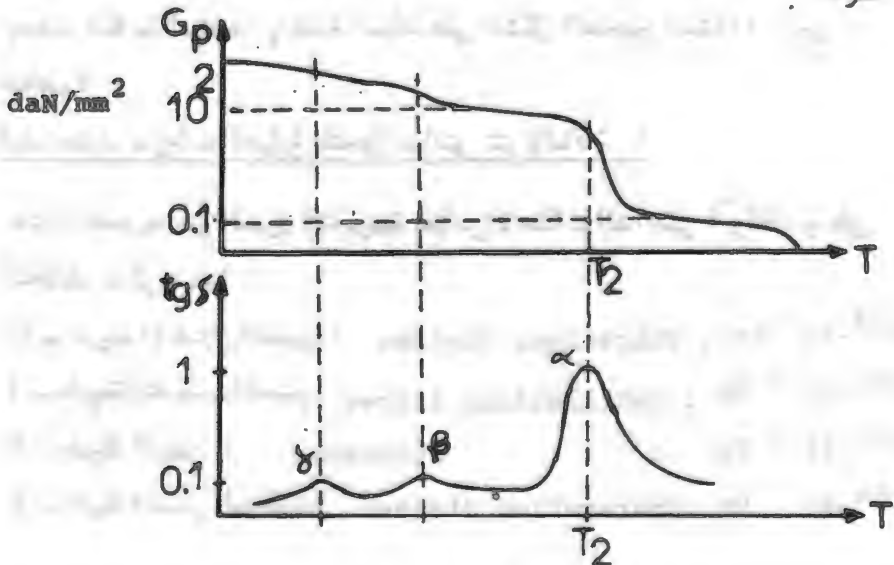
كيف نحدد درجات الحرارة للتحولات التي تتم بالمادة ؟

هناك العديد من الطرق التجريبية لقياس الاحتكاك الداخلي والقدرة على التخميد نذكر منها :

- ١ - طريقة الاهتزاز القسري : Vibrations forcées :  $10^{-3}$  -  $10^3$  Hz
- ٢ - طريقة التذبذب الحر : Oscillations libres :  $10^{-1}$  -  $10^{+1}$  Hz
- ٣ - طريقة الرنين : Résonance :  $10^{+1}$  -  $10^{+4}$  Hz
- ٤ - طريقة انتشار الموجات : propagation d'ondes :  $10^{+4}$  -  $10^{+8}$  Hz

ان المنحنيات الناتجة التي تمثل تغير الاحتكاك الداخلي والقدرة على التخميد كتابع لتغير درجة الحرارة تكون ذات تغير غير مستمر ، حيث تظهر قيم  $P_{ics}$  (نهايات عظمى) عند درجات حرارة التحولات للمواد المدروسة ونرمز لهذه القيم بالرموز  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  وذلك تبعاً لظهورها وفق درجات الحرارة المتناقصة . اذن لهذه القيم معاني ودلائل حيث ان كل قمة تدل على تحول في مستوى التركيب الجزيئي للمادة ، وهذا يؤدي بدوره الى تغير كبيراً وصغير في الخواص بشكل عام .

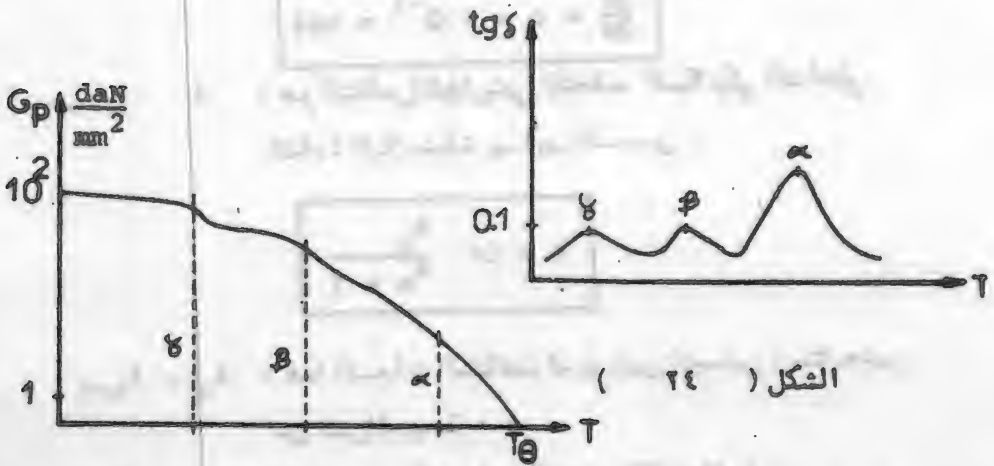
الشكل ( ٢٣ ) يبين تغير معامل الارتخاء (الصلابة)  $G_p$  للمواد البلاستيكية الحرارية ذات التركيب الغير منتظم  $Amorphe$  وكذلك منحنى الاحتكاك الداخلي  $tg \delta$  كتابعين لتغيرات درجة الحرارة ، ونلاحظ القيم  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  كما نلاحظ على الشكل امتداد العتبة الكاوتشوكية التي تنتهي بمنطقة جريان للجزيئات توافق درجات حرارة التصنيع لهذه المواد :



الشكل ( ٢٣ )



الشكل ( ٢٤ ) يبين تغير معامل الصلابة  $G_p$  للمواد البلاستيكية الحرارية ذات التركيب المنتظم Cristallin وكذلك منحنى الاحتكاك الداخلي  $tg \delta$  كتابعين لتغيرات درجة الحرارة ، ونلاحظ عدم وجود عتبة كاشوشوكية بل ان المعامل ينخفض الى الصفر حيث يتم الانصهار عند  $T_0$  .



الشكل ( ٢٤ )

ملاحظة : طرق القياس المختلفة التي ذكرناها سابقا قد تعطي بعض الازاحات الصغيرة في المنحنيات الناتجة انما في حدود درجات حرارة قليلة .

### قياس الاحتكاك الداخلي أو قدرة التخميد بالتذبذب الحر :

في حالة التذبذب الحر (النوسان) Oscillations libres لمادة بلاستيكية (تجربة قتل بواسطة نواس مركب حيث نحرض العينة المختبرة ونتركها تتخامد بشكل حر) ، نلاحظ أن السعة تتناقص مع الزمن في كل دورة وبشكل مختلف من مادة بلاستيكية الى اخرى . اذن هناك فقد بالقدرة في كل دورة

لأسباب خارجية وداخلية . الأسباب الخارجية يمكن إهمالها (خصوصاً عند إجراء التجارب بالفراغ *Sous vide*) ، أما الأسباب الداخلية والتي هي نتيجة للخواص العامة للمادة فتدعى بالاحتكاك الداخلي أو قدرة التخماد وتقاس بتقدير كمية القدرة الضائعة ( $\Delta W$ ) بالنسبة للقدرة المعطاة ( $W$ ) بكل نصف دورة ( $\frac{\Delta W}{2W}$ ) وتساوى :

$$\frac{\Delta W}{2W} = \delta = \pi Q^{-1} = \tan \phi$$

حيث :  $\delta$  : هو التناقص اللوغاريتمي للتخماد الميكانيكي الداخلي للمادة البلاستيكية ويساوى  $\tan \phi$  :

$$\delta = \ln \frac{A_n}{A_n + 1}$$

$A_n$  ،  $A_{n+1}$  : هما السعات المتناقصة لذبذبتين (نوستين) متابعتين من نفس الجهة .

$\phi$  : هو زاوية الطور بين الاجهاد والتشوه (الانفعال) .  
 $Q^{-1}$  : عامل النوعية بالمقارنة مع الدارات التحريضية بالتيار المتناوب .  
 . Circuits oscillants

الشكل ( ٢٥ ) يبين التخماد المقاس عند درجات حرارة معينة ( وفق الجدول المرفق ) للعدد من المواد البلاستيكية وتلاحظ أن هناك تخامداً كبيراً جداً جداً (1) للبولي كربونات عند درجة حرارة  $158^\circ \text{C}$  في حين أن التخماد قليل نسبياً لـ ( PI ) عند درجة حرارة مرتفعة كثيراً  $489^\circ \text{C}$  .

لقيم كيفية إيجاد (  $\delta$  ) عليها ، نأخذ تخامد البولي ستيفين على الشكل ( ٢٥ ) ( 2 ) فنجد أن :

$$A_n = 7$$

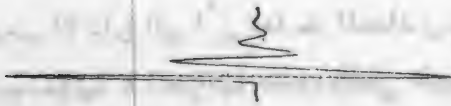
$$A_{n+1} = 4,4$$

$$\delta = \ln \frac{7}{4,4} = 0,47 \rightarrow Q^{-1} = \frac{0,47}{3,14}$$

$$Q^{-1} = 0,15$$

| $Q^{-1}$ | درجة الحرارة |     | التخامد   | المادة        |
|----------|--------------|-----|-----------|---------------|
| 0,2000   | + 158° C     | (1) | مرتفع جدا | Polycarbonate |
| 0,1500   | + 200° C     | (2) | مرتفع     | Polysulfone   |
| 0,0312   | - 78° C      | (3) | وسط       | Polycarbonate |
| 0,0186   | + 489° C     | (4) | ضعيف      | Polyimides    |
| 0,0036   | + 10° C      | (5) | ضعيف جدا  | Polyimides    |

(1) Polycarbonate

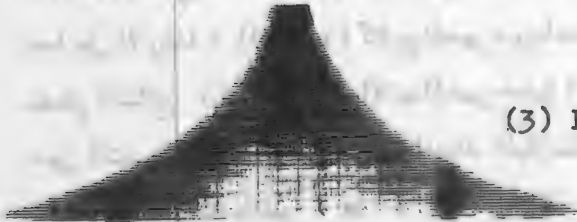


(2) Polysulfone

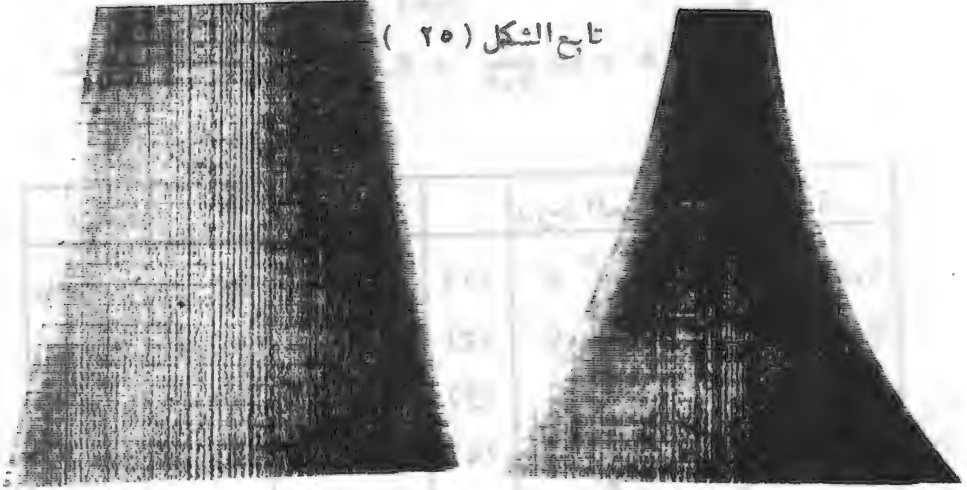


الشكل (٢٥)

(3) Polycarbonate



تابع الشكل (٢٥)



(5)

Polyimides

(4)

يجب الإشارة الى أن تخامد المعادن بشكل عام صغير جدا ويمثل بخطوط شبه متوازية ، انحرافها طفيف وتلتقي تقريبا عند درجات الحرارة المرتفعة جدا (درجات حرارة بدء الانصهار تقريبا) .

لنعد الآن الى نموذج زينير Zener وعلاقاته الشكل (٧) ص ٣٧ ، فنلاحظ أن هذا النموذج يفسر سلوك المواد البلاستيكية في المجال الخطي وهذا ما نراه الآن ، حيث أن المنحني الذي يمثل  $\epsilon$  أو  $\phi$  (والذي يعطي  $Q^{-1}$  بالقسمة على  $\pi$ ) وما يطاقه من تغير في معامل الارتخاء (الصلابة) كتاب لتغير درجات الحرارة ينطبق تماما على معظم النتائج (باستثناء الحالات الغير خطية) التي تم الحصول عليها حول التغيرات الطارئة على تركيب المواد البلاستيكية وبالتالي سلوكها وخواصها والمثلة بالقم  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  .

وفيما يلي نعرض بعض النتائج العملية لبعض أنواع البلاستيك ، TP و TD :

البولياميد : الشكل ( ٢٦ ) : Polyamides PA 11-12 (TP)

مادة نصف منتظمة ، المنحني المثل للاحتكاك الداخلي له ثلاثة قم  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  واضحة جدا . كذلك المنحني المثل لتغير معامل الصلابة له ثلاثة نقاط انعطاف .

القم (  $\alpha$  ) عند درجة الحرارة  $46^{\circ}C$  تمثل درجة حرارة التحول الزجاجي Transition vitreuse حيث مجموعات ال  $CO-NH$  تتزايد حركتها في المنطقة الغير منتظمة Amorphe .

القم (  $\beta$  ) ناتجة عن وجود الماء ، هذه القم تزول اذا قمنا بعملية تجفيف للمادة البلاستيكية .

القم (  $\gamma$  ) سببها وجود مجموعات  $tétraméthylène-CH_2-CH_2-CH_2-$  وطبيعة حركتها غير معروفة .

كثافة الارتخاء  $\frac{\Delta G}{2G}$  هامة جدا للقم الثلاثة ، نفس الشيء بالنسبة لارتفاع القم وكذلك للأزاحات الموجودة بين رؤوس القم ونقاط الانعطاف لمنحنى  $G_p$  ( راجع نموذج زينير Zener ) .

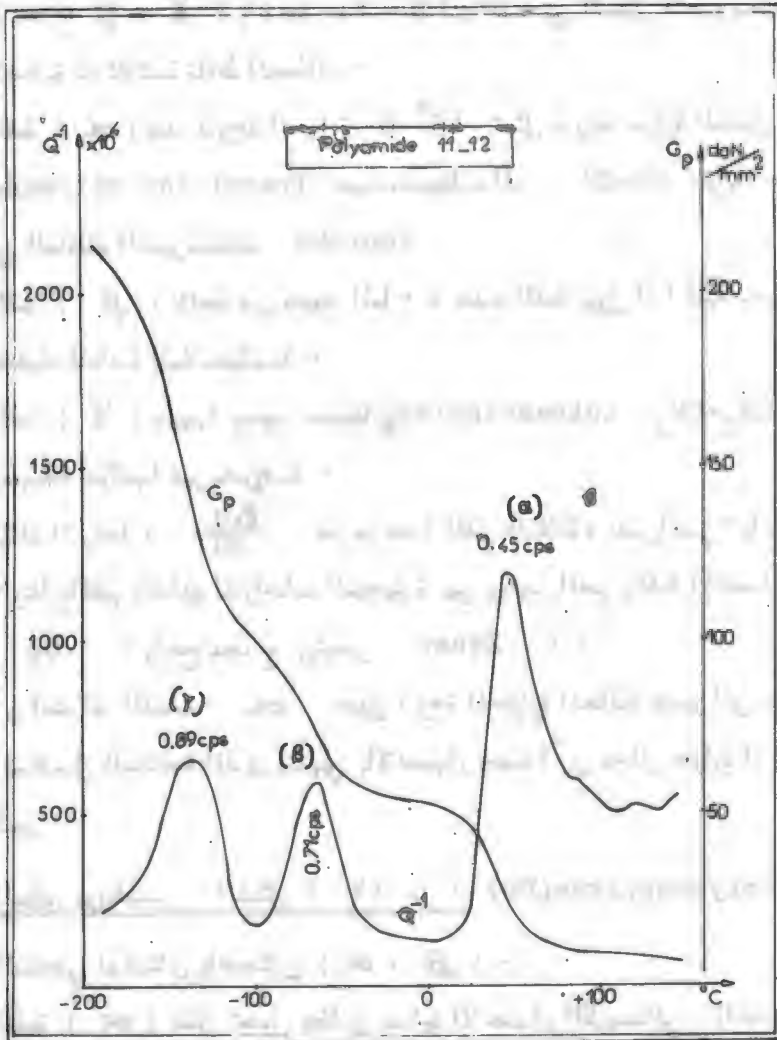
ان امتداد القم  $\alpha$  حول درجة الحرارة العالية يشير الى تمزق السلاسل المنتظمة الذي ينتهي بالانصهار حيث ان مجال حرارة الانصهار كبير .

البولي بروبيلين : الشكل ( ٢٧ ) : Polypropylène(PP) (TP)

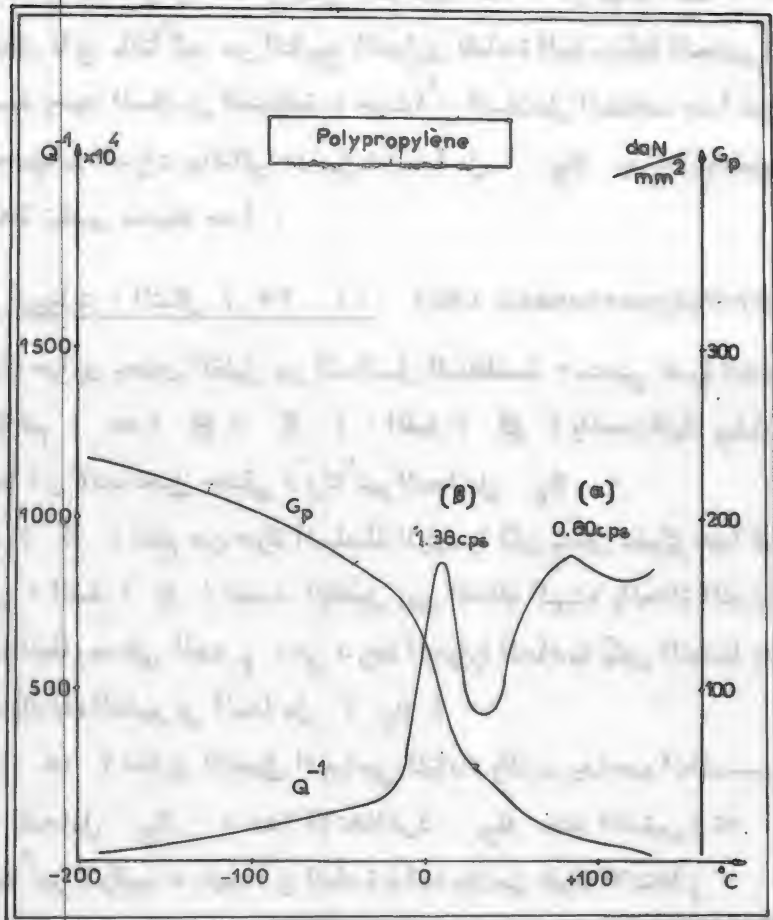
المنحني له قمتان واضحتان (  $\alpha$  ،  $\beta$  ) .

القم (  $\alpha$  ) تمثل تحول يطابق بداية الانصهار الكريستالي ، ( المنتظم ) هذا التحول ناتج عن دوران مجموعات ال  $méthyls CH_3$  في المنطقة المنتظمة .

القم (  $\beta$  ) تمثل التحول الموافق لدرجة حرارة التحول الزجاجي للجزء



الشكل ( ٩٦ )



الشكل ( ٢٧ )

الغير منتظم ، هذا التحول ناتج عن دوران قطع السلاسل في المجال الغير منتظم Amorphe وهذا يطابق درجة حرارة الهشاشة Fragilité المحسوسة في حالة الشد والصدم .

بعض النتائج بينت وجود قمة ثالثة واضحة قليلا جدا . ان غياب القمة ( لا ) في الشكل ناتج بالتأكيد عن التاريخ الحراري للمادة البلاستيكية المختبرة أى نسبة وجود السلاسل المنتظمة ، حيث أن السلاسل المنتظمة جدا تمنع حركة مجموعات الذرات وبالتالي فتغيرات المعامل  $G_p$  بدرجات الحرارة المنخفضة تبقى ضعيفة جدا .

البولي كربونات : الشكل ( ٢٨ ) : Polycarbonate (PC) : (TP)

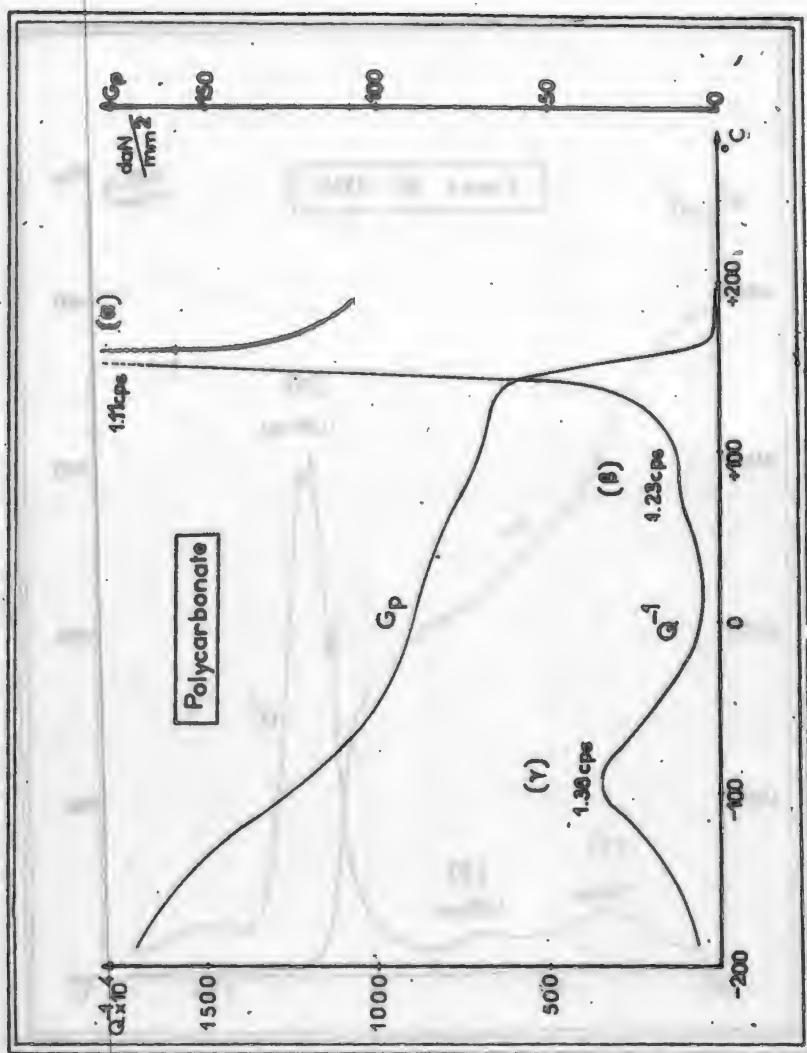
بلاستيك حراري يحتوى القليل من السلاسل المنتظمة . منحني قدرة التخميد له ثلاثة قمم (  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  ) . القمة (  $\beta$  ) واضحة قليلا ويشك بأمرها ان كانت تحول حقيقي أو تأثير المعامل  $G_p$  .  
القمة ( لا ) تنتج عن حركة السلسلة الرئيسية لكن بشكل متمركز جدا لمجموعات الكربون . القمة ( لا ) تحدد الفجوة بين الحالة الهشة والحالة اللدنة بالنسبة للمقاومة على الصدم . في درجة الحرارة العادية يكون التخميد ضعيف وكذلك التغير في المعامل (  $G_p$  ) .

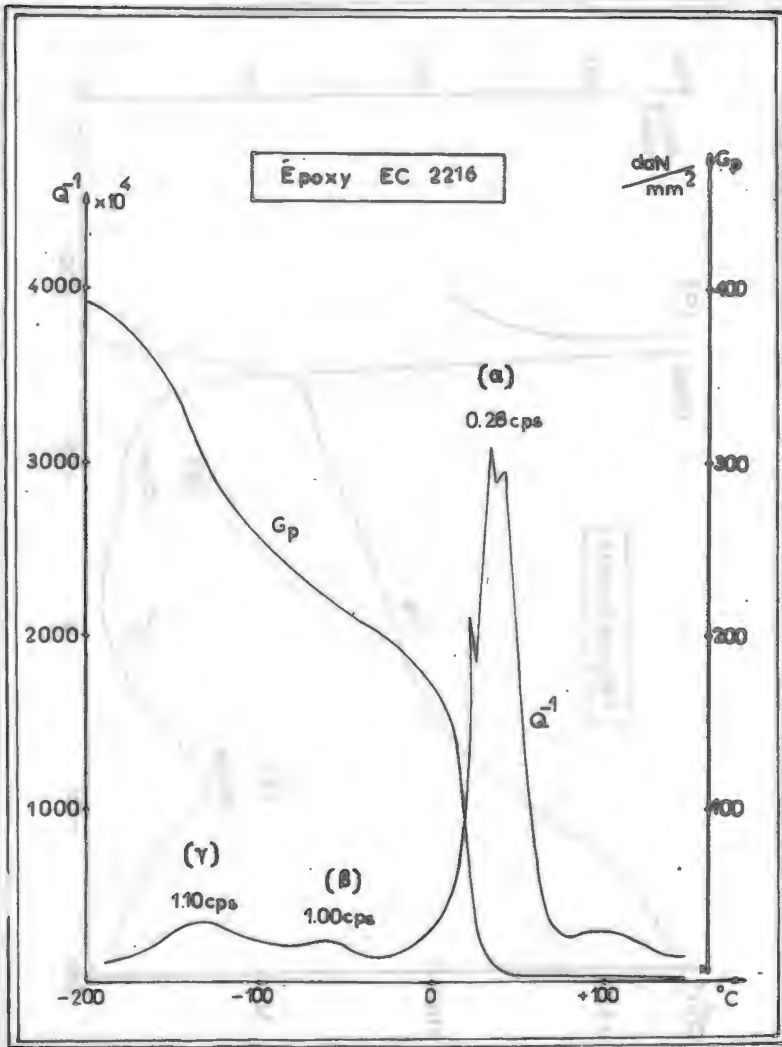
القمة (  $\alpha$  ) تطابق التحول الزجاجي للمادة والذي يصاحبه انخفاض شديد للمعامل  $G_p$  . هذا الانخفاض  $G_p$  عند القمتين (  $\alpha$  ،  $\gamma$  ) يفسر بتأثير التركيب ، حيث أن المادة ذات سلاسل قليلة الانتظام .

البولي ايبوكسيد : الشكل ( ٢٩ ) : Polyépoxydes (EP) : (TD)

تستعمل كمادة لاصقة . منحني الاحتكاك الداخلي يبين ثلاثة قمم (  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  ) .







الشكل ( ٢٩ )

القمة (  $\alpha$  ) حادة جدا وتمثل عدة مركبات بدون شك وناتجة عن الخواص  
الثلاثية الأبعاد لهذه المادة المتصلبة حراريا .  
هذه المادة لها عتية كاشوكية طويلة نسبيا . هذه العتية تنتهي بصورة عامة  
بمنطقة جريان للجزيئات الكبيرة تطابق درجات حرارة تصنيعها . نداء هذه  
المادة .

البولي ستير : Polyester (TD)

الشكل ( ٣٠ ) : يمثل البولي ستير Polyester(507 L): (A)

الشكل ( ٣١ ) : يمثل البولي ستير المسلح بالألياف الزجاجية :

Polyester chargé de fibre de verre (B)

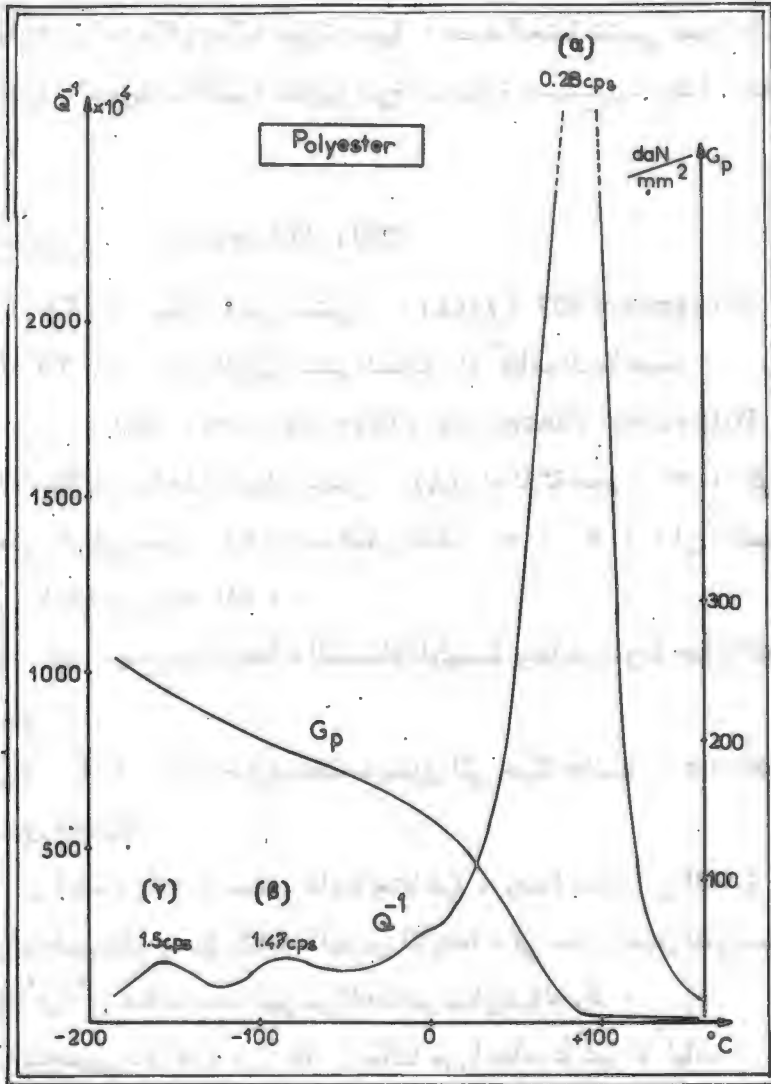
منحني الاحتكاك الداخلي للبولي ستير (A) له ثلاثة قسم (  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  ) ،  
أما منحني البولي ستير (B) فله قمتان فقط (  $\alpha$  ،  $\gamma$  ) : ان القمة  
(  $\beta$  ) ناتجة عن وجود الماء .

التحول (  $\alpha$  ) ينتج عن ارتخاء السلسلة الرئيسية وتطابق درجة حرارة التحول  
الزجاجي .

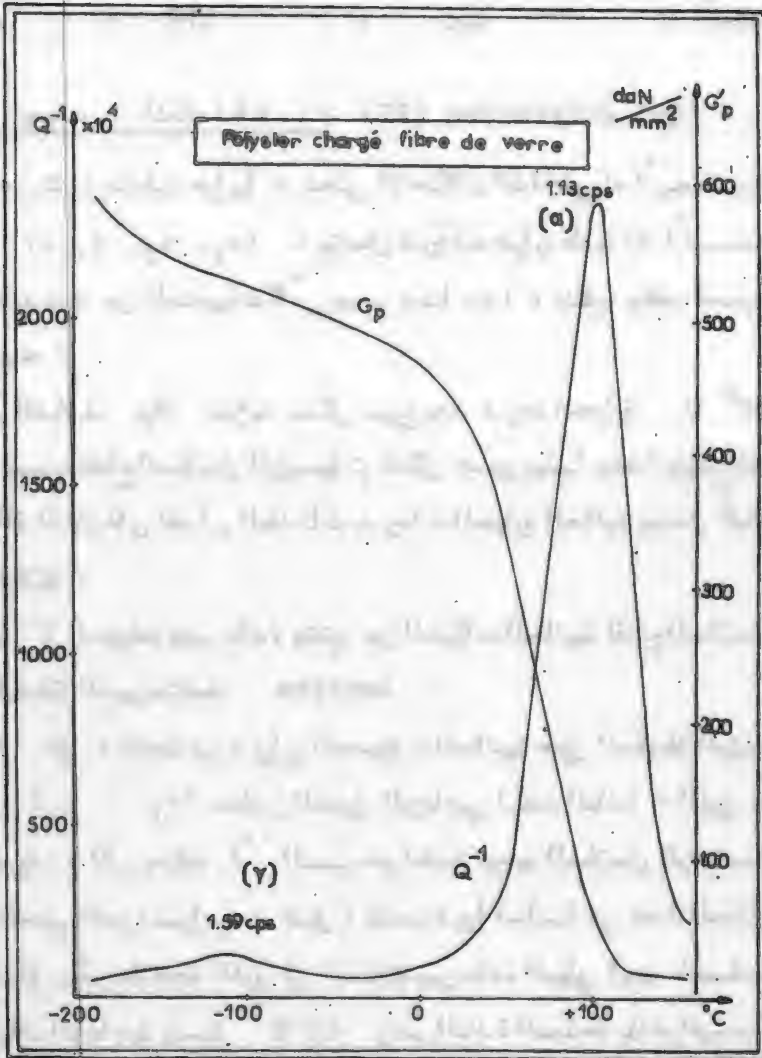
التحول (  $\gamma$  ) بدرجة حرارة منخفضة يعزى الى حركة جانبية Locaux  
على مستوى الجزيئات .

نلاحظ ان القمة (  $\alpha$  ) ضيقة وحادة ومتأخرة ، وهذا يدل ان المادة  
ذات تركيب غير منتظم ومميزة بكثافة عالية من الارتخاء في مجال ضيق لدرجة  
الحرارة أي ان هناك عدد كبير من العناصر يشارك بالحركة .  
بمقارنة المنحنيين لـ (A) و (B) يمكننا من ايجاد تأثير الألياف

الزجاجية على المعامل  $G_p$  وعلى قدرة التخماد .  
الطاقة التخمادية أكثر ضعفا للبولي ستير (B) خاصة في مجال التحول  
الزجاجي .



الشكل ( ٣٠ )



الشكل ( ٣١ )

|         | <u>Polyester(A)</u>     | <u>Polyester(B)</u>                      |
|---------|-------------------------|------------------------------------------|
| 20° C   | 123 daN/mm <sup>2</sup> | 435 daN/mm <sup>2</sup> . G <sub>p</sub> |
| -100° C | 203 =                   | 519 = . G <sub>p</sub>                   |

البولي ايميد : الشكل ( ٢٢ ) : Polyimides (PI) (TD)

مادة حديثة ، متصلة حراريا ، منحني الاحتكاك الداخلي له أربعة قسم (  $\alpha_1$  ,  $\alpha_2$  ,  $\beta$  ,  $\gamma$  ) ، يتحمل درجات حرارة عالية الا انه يطرا عليه عدد من المتغيرات كما ان يصبح هشاً جداً ، ينتفخ ويفقد قسم من وزنه .

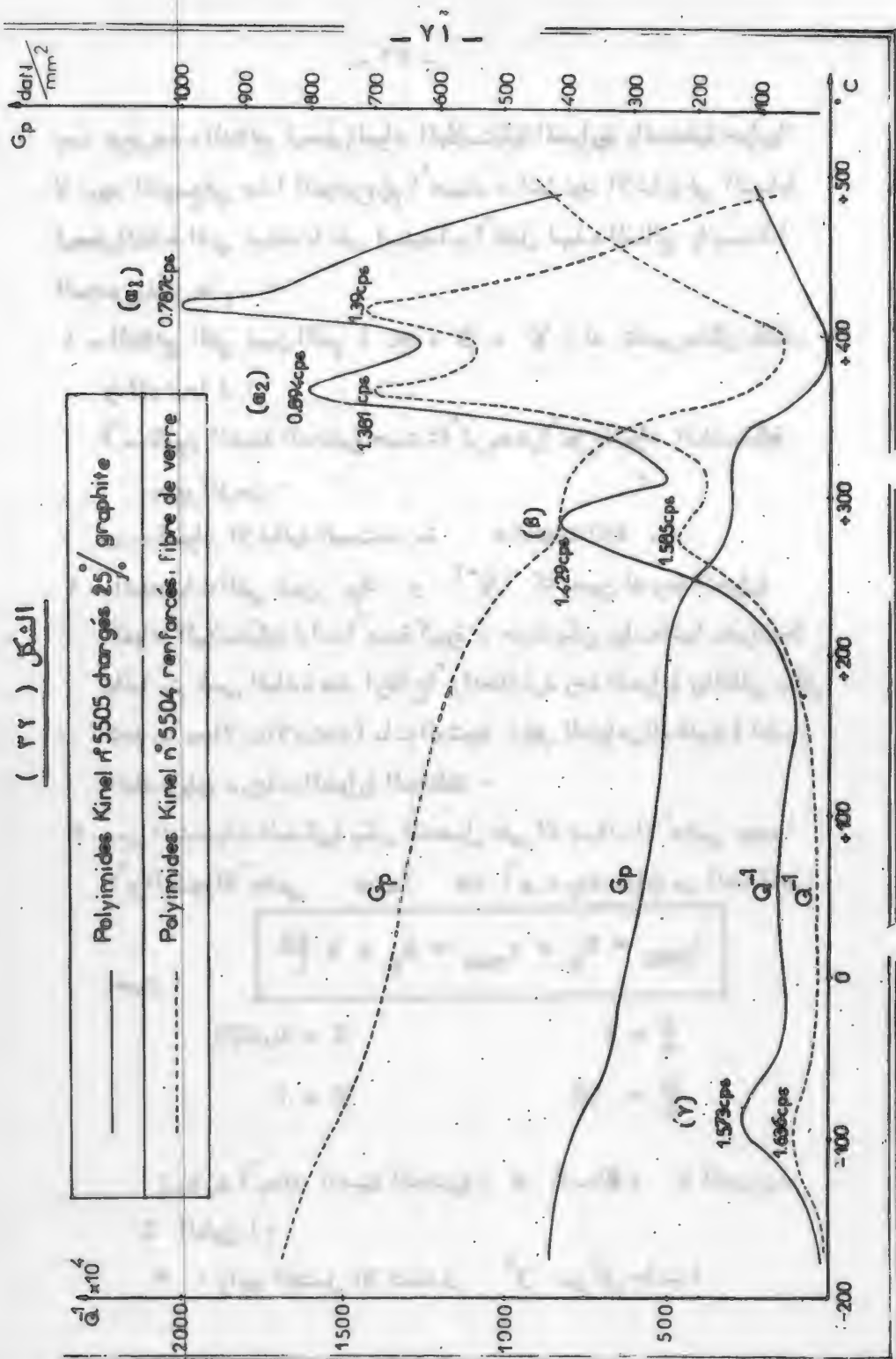
معامل الصلابة G<sub>p</sub> يتزايد بشكل سريع بعد درجة الحرارة 390° C تقريباً بسبب تقطع السلاسل الرئيسية ثم تشكل جسور بينها وهذا يزيد الصلابة . بالإضافة لذلك فان فقدان الملدنات بدرجات الحرارة العالية يجعل المادة أكثر صلابة .

القمة ( لا ) عريضة وغير حادة وتنتج عن الحركات الجانبية لقطع السلاسل في المنطقة الغير منتظمة Amorphe .

القمة ( ط ) ناتجة عن دوران المجموعات الجانبية حول السلسلة الرئيسية . القمتان (  $\alpha_1$  ,  $\alpha_2$  ) تمثلان التحول الزجاجي لهذه المادة . الفرق بينهما غير معروف ، لكن يعتقد ان السبب هو إعادة توجيه السلاسل الرئيسية وأن الحجم الحر (سواء بعد قليل ) يلعب دوراً أساسياً في هذا المجال . في الشكل يمكن ملاحظة الفرق في السلوك بين مادة البولي ايميد المسلخ بالألياف الزجاجية بنسبة 65 % ونفس المادة المسلخة بالغرافيت بنسبة 25 % .

# الشكل ( ٣٢ )

|       |                                                    |
|-------|----------------------------------------------------|
| _____ | Polyimides Kinel n° 5505 chargés 25% graphite      |
| ----- | Polyimides Kinel n° 5504 renforcés, fibre de verre |



بعد عرض هذه النتائج لبعض المواد البلاستيكية الحرارية والمتصلبة حرارياً لا نريد التوسع في هذا الموضوع رغم أهميته ، إنما نود الإشارة في النهاية لبعض النقاط التي تساعدنا على استيعاب أفضل لهذه النتائج ولهذا الموضوع بشكل عام :

١ - النتائج التي تبين القيم (  $\alpha$  ،  $\beta$  ،  $\gamma$  ) قد تتغير بشكل طفيف وذلك تبعاً لـ :

٦ - تاريخ العينة المختبرة حيث تتأثر بعض أنواع المواد البلاستيكية بمرور الزمن .

ب - المواد الإضافية المستخدمة Adjuvants .

٢ - المنحنيات التي تبين  $G_p$  و  $Q^{-1}$  كتابعين لدرجة الحرارة للمواد البلاستيكية ذات أهمية كبيرة ، حيث يمكن بواسطتها معرفة ما إذا يتم ضمن المادة عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة وبالتالي يمكن تحديد مجالات الاستخدامات المتوقعة (وفق الخواص المطلوبة) لنفس المادة وفق درجات الحرارة المختلفة .

٣ - من المنحنيات المذكورة يمكن الحصول على الاجهاد الأعظمي  $\tau_{max}$  أو التشوه الأعظمي  $\gamma_{max}$  عند أي درجة حرارة من العلاقة :

$$\tau_{max} = G_p \times \gamma_{max} = G_p \times k \frac{b}{a}$$

حيث :

$$\frac{b}{a} = 1$$

$$K = 0,675$$

$$\frac{b}{a} = 10$$

$$K = 1$$

$a, b, 1$  أبعاد العينة المختبرة (  $a$  السماكة ،  $b$  العرض ،

$1$  الطول ) .

\* : زاوية الفتل (لا تتعدى  $3^\circ$  من كل جانب) .



الجدول التالي يعطي قيم الاجهاد الأعظمي والتشوه الأعظمي عند درجات حرارة مختلفة وذلك لبعض المواد البلاستيكية والتي درسنا منحنيات القدرة التخامدية لها :

| Matière             | Température<br>°C | $G_p$<br>daN/mm <sup>2</sup> | $\gamma_{max} \times 10^{-4}$ | $\tau_{max} \times 10^{-4}$<br>daN/mm <sup>2</sup> |
|---------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|
| المادة              | درجة الحرارة      | معامل<br>الصلابة             | الاجهاد الأعظمي               | التشوه الأعظمي                                     |
| Polycarbonate       | - 150°            | 166                          | 1.77                          | 293.5                                              |
|                     | + 20°             | 87                           | 2.36                          | 205.5                                              |
|                     | + 170°            | 2.5                          | 3.86                          | 9.65                                               |
| Polyimide<br>(5504) | - 166°            | 840                          | 1.164                         | 977.5                                              |
|                     | + 20°             | 682                          | 1.206                         | 822.4                                              |
|                     | + 198°            | 571                          | 1.379                         | 787.6                                              |
|                     | + 368°            | 120                          | 1.749                         | 210                                                |
|                     | + 490°            | 437                          | 1.26                          | 548.5                                              |
| Polyamide<br>-11-   | - 174°            | 201                          | 2.902                         | 584.5                                              |
|                     | + 20°             | 50                           | 3.585                         | 178.2                                              |
|                     | + 140°            | 7                            | 3.879                         | 27.15                                              |
| Epoxy<br>EC 2216    | - 188°            | 387                          | 2.574                         | 996                                                |
|                     | + 20°             | 66                           | 3.553                         | 235                                                |
|                     | + 147°            | 1.5                          | 3.925                         | 5.9                                                |

٤ - كثافة الارتخاء (التي رأيناها سابقا)  $\frac{\Delta G}{2G} = \frac{\Delta \tau}{2\tau}$  يجب أن

تساوى إلى طاقة التخميد الأعظمية  $\text{tg } \phi_{\max}$  نظريا أي أن

$$\frac{G}{2G} / \text{tg } \phi_{\max} \approx 1 \quad \text{وهذا غير ممكن عمليا} \quad \text{الجدول رقم ( ٣ )}$$

يبين القيم العملية عند درجات الحرارة للتحويلات الرئيسية .

٥ - الاحتكاك الداخلي أو قدرة التخميد تكون ضعيفة بدرجات الحرارة

المنخفضة (القيمة لا) كما لاحظنا بمعظم النتائج ، لماذا ؟

أن درجات حرارة التحويلات من ناحية التركيب الجزيئي توافق حركة قطع

السلاسل الجزيئية ومجموعات الذرات الجانبية ، سعة الحركة تعتمد على :

١ - القدرة الحرارية *Energie thermique*

٢ - القدرة الكامنة *Energie potentielle*

٣ - الحجم الحر *Volume libre* (هو الفرق بين الحجم

الحقيقي لوحددة الكتلة والحجم الذي تشغله هذه الكمية

فيما لو كان البوليمر ذو تركيب جزيئي منتظم تماما ، وهذا

الحجم الحر هو الذي يسمح بحركة قطع السلاسل الجزيئية

وهو مقياس هام جدا لتركيب المواد البلاستيكية ) .

في درجات الحرارة المنخفضة جدا فإن الحجم الحر يصبح صغيرا والقدرة

الحرارية ضعيفة بالمقارنة مع القدرة الكامنة ، لذا فحركة مجموع السلاسل

الدورانية تتوقف ولا يبقى إلا حركات صغيرة اهتزازية لمجموعات الذرات .

تدعى هذه الحالة الزجاجية ودرجة الحرارة الموافقة هي درجة حرارة

التحول الزجاجي  $T_g$  (هي من أكثر الخواص أهمية للبلاستيك الحراري

الغير منتظم) . عند ازدياد درجات الحرارة نحصل على حرية متزايدة

لحركة قطع السلاسل فيزداد الاحتكاك الداخلي أو قدرة التخميد ويقل

معامل الصلابة  $(G_p)$  .

| المادة                              | Pic        | Température<br>°C<br>درجة الحرارة | Hauteur du pic<br>$tg\phi_{max} = \Pi Q_{max}^{-1}$ | $\frac{\Delta G}{2G} / tg\phi_{max}$ |
|-------------------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Polyamide-11-<br>( الشكل )          | $\alpha$   | + 46°                             | 0.374                                               | 2.623                                |
|                                     | $\beta$    | - 64°                             | 0.185                                               | 1.676                                |
|                                     | $\gamma$   | -134°                             | 0.201                                               | 1.856                                |
| Polypropylène<br>( الشكل )          | $\alpha$   | + 85°                             | 0.284                                               | -                                    |
|                                     | $\beta$    | + 10°                             | 0.272                                               | 2.371                                |
|                                     | $\gamma$   | -                                 | -                                                   | -                                    |
| Epoxy EC 2216<br>( الشكل )          | $\alpha$   | + 34°                             | 0.971                                               | 4.109                                |
|                                     | $\beta$    | - 59°                             | 0.075                                               | 1.400                                |
|                                     | $\gamma$   | -132°                             | 0.113                                               | 1.974                                |
| Polyester<br>( الشكل )              | $\alpha$   | + 88°                             | >1.100                                              | <3.694                               |
|                                     | $\beta$    | - 84°                             | 0.057                                               | 1.140                                |
|                                     | $\gamma$   | -156°                             | 0.053                                               | 1.792                                |
| Polyester F.V<br>( الشكل )          | $\alpha$   | +102°                             | 0.734                                               | 3.638                                |
|                                     | $\beta$    | -                                 | -                                                   | -                                    |
|                                     | $\gamma$   | -110°                             | 0.039                                               | 1.333                                |
| Polyimide F.V.<br>5504<br>( الشكل ) | $\alpha_1$ | +416°                             | 0.447                                               | -                                    |
|                                     | $\alpha_2$ | +366°                             | 0.444                                               | 2.221                                |
|                                     | $\beta$    | +274°                             | 0.147                                               | 1.333                                |
|                                     | $\gamma$   | -100°                             | 0.034                                               | 2.471                                |
| Polyimide G.<br>5505<br>( الشكل )   | $\alpha_1$ | +418°                             | 0.625                                               | -                                    |
|                                     | $\alpha_2$ | +364°                             | 0.503                                               | 5.008                                |
|                                     | $\beta$    | +280°                             | 0.262                                               | 0.859                                |
|                                     | $\gamma$   | - 97°                             | 0.082                                               | 1.695                                |

## الفصل الثاني : =====

### العوائل البلاستيكية — المواد البلاستيكية التجارية — خواصها العامة وحدود استعمالها صناعيا

وجدنا سابقا أن البوليمير يتألف من أعداد معينة من الجزيئات الاحادية البسيطة monomères المتماثلة ، لذا يمكن أخذ هذا المونومير كأساس لتمييز العوائل البلاستيكية بشكل محدد ومن ثم تحديد مشتقاتها حسب طريقة الحصول عليها ، لأنه بغير ذلك فنستقع حتما في التباين الكبير بسبب كثرة المواد البلاستيكية تجاريا نظرا لاختلاف طرق وشروط البلمرة من ناحية ، وكذلك التفاوت الكبير في استخدام المواد الاضافية adjuvants من ناحية اخرى .

تقسم العوائل البلاستيكية الى فرعين رئيسيين هما :

أولا : عوائل البلاستيك الحرارى Thermoplastiques وهي كالتالي :

- 1 - Styreniques .
- 2 - Vinyliques .
- 3 - Polyoléfines .
- 4 - Acryliques .
- 5 - Polycarbonates .
- 6 - Polyterephthalates d'éthylène-Glycol
- 7 - Polyoxydès de phénylène .
- 8 - Polysulfones .
- 9 - Polyacétals .

- 10 - Polyamides .
- 11 - Fluores .
- 12 - Autres Thermoplastiques
- مواد أخرى من البلاستيك الحراري —
- 13 - Cellulosiques ( T P . Artificiels ).
- بلاستيك حراري اصطناعي .

ثانيا : عوائل البلاستيك المتصلب حراريا Thermodurcissables  
وهي كالاتي :

- 1 - Phénoplastes , Aminoplastes.
- 2 - Polyesters insatures . . (غير مشبع)
- 3 - Epoxydes .
- 4 - Silicones .
- 5 - Polyimides .
- 6 - Autres thermodurcissables .
- مواد أخرى من البلاستيك المتصلب حراريا —

سنقوم بدراسة مختصرة لكل من هذه العوائل مع تبيان وإيجاز طرق التحضير وميزات وسأوى المادة ومشتقاتها ، ومن ثم سنذكر بعض التطبيقات والاستعمالات لهذه المواد . سنرفق بعض الجداول التي تعطي معظم الخواص الفيزيائية والعيكانية والكيميائية للمواد البلاستيكية الأكثر استعمالا وشهرة سواء كانت حرارية أو متصلة حراريا ، هذه الجداول موجودة في نهاية الكتاب بالإضافة للجداول الذي يبين أسماء ورموز المواد البلاستيكية المتعارف عليها حتى لا نضطر لتكرار كتابة الاسم الكامل للمادة بل نكتفي بالرمز . ( ص )

Thermoplastiques  
===== Styrenique

١ - الستيرين :

ابتداءً من المونومير Styrene يمكن الحصول على المواد التالية :

Styrene ..... بلورة .. ➔ PS  
Styrene + butadiène(3-10%) ..... بلورة ➔ PSC  
Styrene + acrylonitrile(20-30%) .. بلورة ➔ SAN  
Styrene + butadiène + acrylonitrile

..... ➔ ABS بلورة أو تطعيم ..

$$ABS = 20\% A + 30\% B + 50\% S$$

butadiène : هيدروكربون غازي ملتهب يستعمل في المطاط الصناعي .

الجدول رقم ( ٤ ) - نهاية الكتاب - يعطينا الميزات الأساسية لبعض مواد هذه العائلة وكذلك المساوي ، مع بعض الاستعمالات والتطبيقات لهذه المواد .

الجدول رقم ( ٥ ) - نهاية الكتاب - يعطينا معظم الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية لمادة البولي ستيرين - PS - Polystyrene المادة الرئيسية بهذه العائلة .

٢ - الفينيليك : Vinliques

أولا يمكن تمييز صنفين رئيسيين من ال polyvinyles الصلب واللين :

Chlorure de vinyle..... ➔ PVC rigide صلب  
PVC + 35-40% plastifiants ( ملدن ) ➔ PVC souple لين

مجموعة المواد التالية تعتبر كذلك من عائلة ال Vinliques :

- 1 - PVC-C Polyvinyle surchloré.
- 2 - PVC + ABS .
- 3 - PVA Acétate de polyvinyle.
- 4 - PVAL Alcool polyvinylique.
- 5 - PVD Polyvinlidène.

عملية بلمرة كلور الفينيل تتم صناعيا بثلاث أشكال :

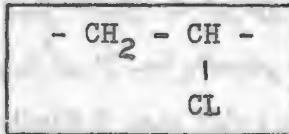
- ١ - بشكل مستحلب : حبيبات بقياس  $\mu$  1-30 تستخدم للصق .
- ٢ - مزيج جاف على شكل حبيبات بقياس  $\mu$  100-300 يستخدم للبثق .
- ٣ - الرزين يحضر بشكل مزيج صاف، امتصاصه للماء قليل ويستخدم لعمليات الصقل والبثق .

عملية لا يستعمل ال PVC النقي بل بشكل مزيج مع المواد الاضافية على شكل بودرة أو حبيبات .

الجدول رقم ( ٦ ) - نهاية الكتاب - يعطينا الميزات الأساسية لبعض مواد هذه العائلة وكذلك المساوي ، مع بعض الاستعمالات والتطبيقات لهذه المواد .

الجدول رقم ( ٧ ) - نهاية الكتاب - يعطينا معظم الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية لمادة بولي كلورفينيل Polychlorure de vinyle ( PVC )  
المادة الرئيسية بهذه العائلة .

PVC



### ٣ - البولي أوليفين :

ابتداءً من المونومير éthylène أو propylène . يمكن الحصول  
على المواد التالية بالبلمرة Polymérisation :

|                                                           |      |                            |                                                      |
|-----------------------------------------------------------|------|----------------------------|------------------------------------------------------|
| Ethylène                                                  | PEbd | منخفض الكثافة ، عالي الضغط | 1000 Kg/cm <sup>2</sup> ضغط                          |
|                                                           |      |                            | 150-200° C درجة حرارة                                |
|                                                           | PEmd | متوسط الكثافة .....        | مزيج PEbd + PEhd                                     |
|                                                           | PEhd | منخفض الضغط ، عالي كثافة   | 40-60 Kg/cm <sup>2</sup> ضغط<br>60-120° C درجة حرارة |
| Propylène + (catalyseur وسيط) 40-60Kg/cm <sup>2</sup> ضغط |      |                            |                                                      |
| PP ..... 60-120° C درجة حرارة                             |      |                            |                                                      |

وبواسطة البلمرة بالمشاركة copolymérisation يمكن الحصول على  
المواد التالية :

Ethylène + propylène ..... PPE

Ethylène + acétate de vinyle (20-35%) .... EVA

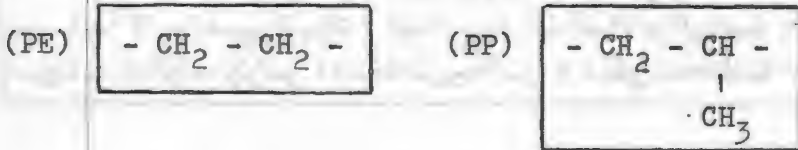
Méthylpentène ..... بلمرة ..... PMP (TPX)

يصبح البولي إيثيلين PE شبيكي الشكل بتأثير فوق الأكسيد ( الحاوي  
نسبة عالية من الأكسجين ) أو بتأثير الأشعاع المستمر . يمكن كذلك خلق  
روابط ثلاثية الأبعاد ، بهذه الحالة لا تعود المادة بلاستيك حراري بل  
تصبح أقرب للبلاستيك المتصلب حرارياً .



الجدول رقم ( ٨ ) - نهاية الكتاب - يعطينا الميزات الاساسية لبعض مواد هذه العائلة وكذلك المساوي ، مع بعض الاستعمالات والتطبيقات لهذه المواد .

الجدول رقم ( ٩ ) - نهاية الكتاب - يعطينا معظم الخواص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية لمادة البولي ايتيلين Polyéthylène PE الرئيسية بهذه العائلة .



٤ - الأكرليك : Acrylèques

نميز في هذه العائلة المواد التالية :

١ - : polyméthacrylate de ... (١) ... Méthacrylate

methyle... PMM - يكون بحالة صلبة -

(١) : بلمرة باستعمال وسيط بدون حرارة .

٢ - : Acrvlate يعطي مادة بلاستيكية بشكل مستحلب (يستعمل للرسم) .

٣ - : Acrylonitrile..... Polyacrylonitrile

وهو اساس لتشكل الياف نسيجية .

| الميزات                                                                                                                                                                                                      | PMM | المساوي                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| شفاف طبيعي اكثر من الزجاج العادي<br>سهل التلوين ، سطح قاسي ، لامع<br>قليل الامتصاص للماء ، سهل التشكيل<br>وال تصنيع ، خواصه جيدة لتوصيل<br>الضوء (انارة نقطة بعيدة عن مركز<br>الضوء باستعمال قضيب منه مثلا ) |     | هش ، حساسية للتخزين (يمكن<br>اعادة صقله ) ، ضعيف الثبات<br>بالحرارة ، قابل للاحتراق ،<br>مقاومة كيميائية ضعيفة ، ضرورة<br>اعادة تسخين الصفائح السمكة<br>لتجنب الشقوق . |

| تطبيقات                                                                                                              | PMMA |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| صفائح مصبوبة : القنب (قبة في بناء) ، نوافذ الطائرة ، علب القفازات (الاستعمالات النووية) ، أحواض الأسماك .            |      |
| صفائح لبثقي : تصنع بالتشكيل الحراري : اشارات الطرق الضوئية ، موزع الضوء ، اشارات محطات الخدمة ، الدعاية .            |      |
| القولبة : انوار السيارات الخلفية ، لوحات دارات الراديو والتلفزيون ، كليب ضوئي ، معدات الرسم والقياس ، قرص الهاتف .   |      |
| عدسات آلات التصوير للهواة ، لوحات زجاجة للصالات الرياضية ، مفروشات (طاولات وكراسي) ، مغاطس ومغاسل ، ديكورات مختلفة . |      |

#### ٥ - البولي كربونات : Polycarbonates(PC)

| المساوي                                                                                                  | PC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | الميزات |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| مقاومة سيئة للبنزين الممتاز ، يتأثر بمحاليل الغسيل ، شفافية ممكنة ، ضرورة تجفيف الحبيبات قبل الاستعمال . | خواص ميكانيكية وكهربائية ممتازة ، مقاومة للصدم ، صلب ، قاسي ، ثبات حجمي ، ثبات بالحرارة بالمجال (130° C و 100- ) ، يطفو ذاتيا ، عدم النفوذ لبخار الماء ، لا يتأثر لونه بالسوائل المنزلية (قهوة ، شاي ، عصير ..... ) .                                                                                                                    |         |
| التطبيقات                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |
| Commutateur                                                                                              | أجهزة كهربائية والإلكترونية ، عاكس للتيار اشارات ضوئية ، عدسات ضوء ، حامي شاشة التلفزيون ، مقابض مفاتيح البراغي (شفافة) ، دروع للبوليس ، حواجز شفافة لنوافذ البنوك مقاومة للصدم ، أجهزة ومعدات طبية وجراحية ، ألواح زجاج للقطارات ، هياكل آلات للمكاتب (المادة تكون مسلحة) (آلات كتابة ، آلات تصوير فوتوكوبي ، آلات سحب التيار ..... ) . |         |

٦ Polytéréphthalates d'éthylène Glycol (PTE)

هذه المادة تدعى كذلك بوليستير مشبع  
 أو بوليستير حراري Polyester thermoplastique <sup>ue</sup> وينتج من عملية  
 الالتحام Polycondensation لـ éthylène-glycol و acide thérephthalique .  
 نحصل كذلك على ال PTE الذي هو بوليستير خطي Polyester linéaire ، ويجب أن لا  
 نخلط بينه وبين البوليستير الغير مشبع Polyester insaturé  
 ( الذي نحصل عليه من Acide isiphtalique ) والذي هو  
 بلاستيك متصلب حراريا حيث سنراه فيما بعد .

| الميزات                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | PTE | المساوي                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|
| صلب ، مقاوم للتآكل ، خواص ميكانيكية جيدة (معامل المرونة مرتفع) ، ثبات حجمي ، الطي لا يكسره (تسخين وليونة) ، ثابت الاحتكاك ضعيف ، انطفاء ذاتي ، ثبات حراري بمجال كبير<br>$+100^{\circ} \text{C}$ إلى $-60^{\circ} \text{C}$ تشوه بطيء حتى $150^{\circ} \text{C}$                                                                                                 |     | تتبع بالهدروكربون والبنزين ، صعوبة التشكيل الحراري ، استحالة اللحام HF على شريط . |
| التطبيقات PTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |                                                                                   |
| <p>حتى السنوات الأخيرة ، هذه المادة لم تستعمل الا بشكلين :</p> <p>١- خيوطا وألياف (تركال Tergal) للملابس والمنسوجات الصناعية .</p> <p>٢- أشرطة : أشرطة مغناطيسية ، أشرطة لطبع الماركات على الساخن ، عازل لتخديدات المحرك الكهربائي ، عازل كهربائي بالمكثفات ، تغليف بتخلية الهواء .</p> <p>في الوقت الحاضر بد ، باستعمال هذه المادة لصناعة قطع صناعية مثل :</p> |     |                                                                                   |

..... يتبع .....

— تابع — التطبيقات

قطع للاقفال أو للآلة ، مسننات (بسبب الثبات الحجمي ومعامل المرونة) ،  
واقى من الأشعة على الدراجة (قابلية الانعطاف والشفافية) ، أربطة  
للتزلج (ثبات بالبرودة) . وهناك استعمالات كثيرة قيد الاختبار .

٧ — Polyoxydes de phénylène (PPO) :

Benzène → phénole  
Méthone → méthanol

> diméthylphénol... بلمرة → PPO

يمكن الحصول على PPO modifiés المعدل بالمزج الميكانيكي لـ  
PPO مع الـ PS بنسب متفاوتة ، والناتج يكون أقل كلفة ويتميز  
بخواص هامة .

| المساوي                                                                                                                                                                        | PPO | المميزات                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| كأمد غير شفاف، معامل الاحتكاك<br>عالي من أجل بلاستيك (يعرض)،<br>يضغط، ثباته سيء للعطريات<br>والبنزين الممتاز، ضغط ودرجة<br>حرارة الحقن مرتفعة (الزوجة)،<br>لحام صعب (US فقط) . |     | صلب ، مقاوم للصدمات ، مقاوم<br>للتآكل ، لماع ، ثبات حجمي ، امتصاص<br>ضعيف للما ، خواص كهربائية<br>جيدة ، ثبات حراري ومقاومة<br>ميكانيكية جيدة في مجال حراري<br>واسع، ذاتي الاطفاء ، سهل<br>اللصق والضغط، يمكن استعماله<br>مع المعادن . |
| التطبيقات PPO                                                                                                                                                                  |     |                                                                                                                                                                                                                                        |
| من أجل الماء الساخن : أجزاء للمضخات ، عدادات للماء ، قطع<br>آلات الغسيل ، عدادات كهربائية ، قطع للسيارات والطائرات التي<br>يتطلب أن تتحمل حرارة .<br>..... يتبع .....          |     |                                                                                                                                                                                                                                        |

- يتبع -

حارف للتلفزيون ، قطع للساعات والآلات الدقيقة •  
كون هذه المادة حديثة جدا فمن الصعب التنبؤ بكافة مجالات استخدامها  
ولكن هناك الكثير من الاختبارات حول امكانية استخدامها بمجالات تتوافق  
وخواصها •

٨ - البولي سلفون : Polysulfones(PSU) :

| الميزات                                                                                                                                                                                      | PSU | المساوي                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|
| مقاومة ممتازة للتشوه البطني ، ثبات<br>حجمي ممتاز ، ثبات حراري بالمجال<br>( $150^{\circ}\text{C}$ , $-100^{\circ}\text{C}$ ) ودرجة حرارة<br>الانحنا • مرتفعة ، اطا ذاتي ،<br>تراجع ثابت •     |     | ثبات سي ، للهيدروكربون ، ضرورة<br>التجفيف قبل التصنيع ، تصنيع<br>صعب ، سعر مرتفع • |
| تطبيقات PSU                                                                                                                                                                                  |     |                                                                                    |
| استعمال هذه المادة حديث جدا ولا يمكن اعطاء كامل الاستعمالات ولكن<br>من هذه الاستعمالات :<br>قطع تكنولوجية للسيارات ، للطائرات ( حوض carter التهوية بالطائرة ) ،<br>عاكس للضوء .....<br>..... |     |                                                                                    |

ملاحظة :

الجدول رقم ( ٧ ) - نهاية الكتاب - يعطينا معظم الخواص الفيزيائية  
والميكانيكية والحرارية لمادة البولي سلفون Polysulfone(PSU) •

٩ - بولي أسيتال : Polyacétals (POM)

ابتداءً من ال Formaldéhyde الذي جدا ، وبواسطة البلمرة والبلورة المشتركة يمكن الحصول على ال Polyformaldéhyde . نسمي هذه الرينينات بـ Polyacétal أو Polyoxyméthylène وهو المستعمل ( POM ) .

| المساوي                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | POM | الميزات                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| كثافة مرتفعة ( 1,4 ) ، كامد (لا يكون شفافا مطلقا ) ، يتأثر بالحموض ومحاليل الغسيل ، قابل للاحتراق ، مقاومة صغيرة للحرارة المستمرة ، درجة حرارة التصنيع قريبة من حرارة التحلل ، تراجع مختلف وحيانا يلزم إعادة التسخين لتأمين ثبات حجمي جيد .                                                                                                                           |     | سطح صلب وتام ، صلابة ، مقاوم للتعب ، معامل مرونة مرتفع ، ثبات حجمي ممتاز ، معامل احتكاك ضعيف ، فعل نابض (امكانية دمج مرن) ، عزل كهربائي ، ثبات (بالكربون ، الشحم ، الصابون ، المذيبات ) . |
| التطبيقات POM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |                                                                                                                                                                                           |
| بصورة عامة ، هذه المواد خاصة المسلحة بالزجاج تحل محل خلايط الالمنيوم . قطع ميكانيكية للآلات ، للسيارات (مسننات ، حلقات ، مقايض ٠٠٠) ، الكهربائية ، الالكترون ، الصناعات الغذائية ، البناء ، قطع دمج مرن ، مجموعات تثبيت سريع ، بسبب الثبات الحجمي الممتاز للمادة فهي تستعمل في الساعات والتطبيقات الدقيقة . قطع للعدادات ، عناصر من الآلات الكاتبة ، أقفال ٠٠٠٠٠٠٠٠ . |     |                                                                                                                                                                                           |

POM



# ١٠ البولي أميد : Polyamide (PA) :

ويحضر بعملية الاضافة Polyaddition ابتداء من amino-acides الذي يعطي PA-6, PA-11, PA-12 أو بواسطة التحام الأجزاء ابتداء من diamines و diacides الذي يعطي PA-6/6, PA-6/10 هذه المنتجات مميزة برقمين يمثلان عدد ذرات الكربون الموجودة في الديامين Diamine أو الدياسيد Diacide ، أو برقم واحد اذا كان المونومير هو Aminoacide .

كذلك يمكن الحصول على مواد أخرى تحوى ما . بنسب مئوية متفاوتة :

PA-12, PA-11 (2 %), PA-6/10, PA-6/6 (9-10 %), PA-6 (10-12 %)

| الخواص العسابة                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| المساوى                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | PA | الميزات                                                                                                                                                |
| ثبات في الماء لا يمكن اهماله<br>معدا ( PA-11 , PA-12 )<br>قابلية نفوذ بخار الماء ثبات<br>سي للحرارة الرطبة ( بخار )<br>ماء غالي ) وفي الجو الجاف<br>(هش) ضرورة التجفيف قبل<br>التصنيع .                                                                                                                                                                  |    | ثبات عند الصدم والتعب ، مقاومة للتآكل ،<br>غير حساس للتخزين ، معامل احتكاك ضعيف ،<br>مقاومة ميكانيكية وحرارية ، اطفاء ذاتي ،<br>ثبات جيد للهدروكربون . |
| التطبيقات PA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |                                                                                                                                                        |
| دواليب مستنة ( مساحات زجاج السيارات ، العدادات ، آلات عرض السينما ،<br>آلات الحلاقة ) . مقابض ، مراوح ، اقفال سيارات ، عناصر مضخنة<br>البنزين والكاربراتور ، قداحات ، اسطوانات ، صفائح ، قضبان ، خواتم ،<br>انابيب ، فرشاة الاسنان ، افلام ، صناعة الساعات .<br>حاليا يستعمل البولي اميد المسلح بالزجاج لاجل قطع ثمانية بحيث تحل محل<br>الخلاط الخفيفة . |    |                                                                                                                                                        |

| المادة  | خواص نوعية                                                                                                                   | استعمال نوعي                                                                                                                                 |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PA-6    | امقاوم للصدمات الكبيرة .                                                                                                     |                                                                                                                                              |
| XPA-6/6 | ثبات أفضل بالحرارة<br>100° C بخدمة مستمرة .<br>ألياف نسيجية ، قطع صناعية<br>للتطبيقات الشائعة ( أدوات<br>كهربائية منزلية ) . |                                                                                                                                              |
| PA-6/10 | نصف شفاف جيد نقي<br>السمالك الضعيفة ، ثبات<br>حجمي أفضل .                                                                    | قطع صناعية ، أفلام .                                                                                                                         |
| PA-11   | ثبات بالماء منخفض ،<br>ثبات حجمي ، مطوك<br>كيميائي جيد .                                                                     | أقنية هواء مضغوط ، استعمالات<br>غازية ، موصل للبنزين ،<br>أفلام ، قطع صناعية للتطبيقات<br>الصعبة ، بودرة للتليس<br>لحماية العناصر المعدنية . |
| PA-12   | خواص مماثلة لـ PA-11                                                                                                         |                                                                                                                                              |

#### ملاحظة :

الجدول رقم ( ١٠ ) — نهاية الكتاب — يعطينا معظم الخواص الفيزيائية  
والميكانيكية والحرارية لمادة البولياميد Polyamide(PA) .

#### ١١ — الفلور : Fluores :

تحضير هذه المواد صعب بسبب وجود الفلور، يمكن الحصول بالبرمزة على المواد

التالية :

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Polytétrafluoréthylène .....     | TFE |
| Polytrifluorochloréthylène ..... | CFE |
| Polyéthylène-propylène fluoré .. | FEP |
| Polyvinylidène fluoré .....      | PVF |



| المساوى                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Fluores                                                                                                                                                                                                                                | الميزات |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <p>كثافة مرتفعة ( 2,2 - 2,1 ) ،<br/>يتشوه ببطء ، يتحلل بدرجة حرارة<br/>C 327° ويطلق بخار فلورى ،<br/>غالي الثمن كثيرا ، صعب التصنيع ،<br/>تراجع مختلف ، صعب اللحام .</p>                                                                                                                                                                 | <p>خمول كيميائي قوى جدا ، ثبات حرارى<br/>بمجال كبير ( C 300° , -270° ) وبشكل<br/>مستمر ( C 250° , -80° ) ، معامل<br/>احتكاك ضعيف جدا ( 0,1 f ) ،<br/>غير لاصق ، لا ينحك ، لا يمتزج بالماء ،<br/>لا يحترق ، لا يوهذى الجسم البشرى .</p> |         |
| <p>خصائص خاصة</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                        |         |
| <p>CFE : امكانية التصنيع بالطرق العادية ، ثبات اقل بالمذيبات ،<br/>FEP : غير قابل للحقن واللحام ، ثبات حرارى كبير .<br/>PVF : قابل للحام ، مقاوم للتعتق (مرور الزمن) وللتحلل بالماء .</p>                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                        |         |
| <p>التطبيقات Fluores</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                        |         |
| <p>ضد التآكل : انابيب وحفريات لمحاليل تسبب التآكل (صناعات كيميائية) ،<br/>للسد باحكام لمناطق التهريب .<br/>عزل كهربائي : تغليف الكوابل الكهربائية بالطائرات ، قطع تكنولوجية<br/>للمركبات الالكترونية .<br/>الانزلاق : تلبس مقلاة القلي ، قوالب لصانعي الحلويات ، قطع المكاوى ،<br/>ناقل للمنتجات الغذائية ، فكي آلة اللحام الحرارى .</p> |                                                                                                                                                                                                                                        |         |

#### ١٢ - مواد بلاستيك حرارى اخرى :

في الصفحة القادمة نبين بعض هذه المواد ضمن جدول يتضمن كذلك طرق التحضير والخواص والاستعمالات لهذه المواد .

| الاستعمال                            | الخواص                                                                                                  | التحضير                                             | المادة                   |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|
| • أنابيب                             | خواص ميكانيكية جيدة .                                                                                   | بلمرة ال butylènes                                  | Polybutylène             |
| • جسام مفرقة ، ورق للتغليف للصياغة . | شفاف ، عدم النفوذ للبخار الماء والغازات ، مقاوم للتعتيق ، تشقق بتأثير الإجهاد .                         | التحام الاجسام لل Chlorure de diallyle, bisphénol A | Phénoxyde                |
| • بؤرة للتطيس للحنفيات والمضخات      | مقاومة كيميائية بدرجة حرارة مرتفعة ، سموره مرتفع .                                                      | P Polyoxyéthane                                     | Polyéther chloré         |
| • عا بالعمل الكهربائي                | ثبات بالحرارة المنخفضة والمرتفعة حتى 170° C عازل كهربائي ممتاز ، عدم النفوذ للغازات ، سموره مرتفع جدا . | بلمرة بالتبريد بعد تبخير ال P-Xylylène              | Parylène                 |
| • عناصر للمضخات والصرايح             | ثبات حراري حتى 260° C اطفاء ذاتي ، مقاومة كيميائية .                                                    | Sulfure de phénylène.                               | Polysulfure de phénylène |

# Thermodurcissables

=====

## ١ - الفينولاست والامينولاست : Phénoplastes et Aminoplastes

ابتداءً من الفورمول وبواسطة التحام الأجسام يمكن الحصول على المواد التالية :

|          |          |       |              |    |
|----------|----------|-------|--------------|----|
| Formol + | Phénol   | ----- | phénoplastes | PF |
|          | Urée     |       |              | UF |
|          | Mélamine | ----- | aminoplastes | MF |

حدثنا تم تطوير مادة ميلامين فينول : Mélamine modifiée (MP) <sup>phénol</sup>  
 هذه المواد تستعمل بشكل ريزين سائل أو بودرة للقولبة . الفينولاست  
 والامينولاست يولدان بخار ماء عند التشكيل بالقوالب .  
 بصورة عامة تتصف هذه المواد بالصلابة والمقاومة الحرارية والثبات الحجمي ،  
 تلين مع الزمن وبالعزل الكهربائي .  
 تكون بودرة القولبة دائما محملة بنسب متفاوتة عمل حتى 50 % وذلك وفقا  
 للخواص المطلوبة من القطعة المنتجة .

الجدول رقم ( ١١ ) - نهاية الكتاب - يعطينا الميزات الأساسية لبعض  
 مواد هذه العائلة وكذلك المساوي ، مع بعض الاستعمالات والتطبيقات لهذه  
 المواد : PF , UF , MF .

الجدول رقم ( ١٢ ) - نهاية الكتاب - يعطينا معظم الخواص الفيزيائية  
 والميكانيكية والحرارية لمادة الفينولاست PF .

الجدول رقم ( ١٣ ) - نهاية الكتاب - يعطينا كذلك معظم الخواص  
 الفيزيائية والميكانيكية والحرارية لمادة ميلامين - فورميك MF .

٢٠ - البوليستير الغير مشبع : Polyester insaturé :

يحضر بطريقة التحام الأجسام :

Polyacide+Polyalcool  
(diacide) (polyglycol)

+ مذيب للشبكات الجزيئية

↓  
Résine

+ حرارة + محفز للتفاعل  
+ مسرع + محفز للتفاعل



Polyester

(TD)

ثلاثي الأبعاد

في الحقيقة أن أنواع البوليستير الغير مشبع (المتصلب حراريا) كثيرة جدا وتعتمد على النسب المئوية للمونوميرات الدخلة في التركيب والتي تعطى خواص مختلفة، كما تعتمد على نوعيات وكميات المواد الاضافية المستخدمة وذلك للحصول على خواص معينة .

| المساوي                                                                                                                                                                                                                                                 | الميزات                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| قابل للاشتعال ، ثبات سيء ،<br>بالحرارة الرطبة (بخار ، ماء غالي) ،<br>تراجع مهم ، زمن الحفظ في وعاء محدود .                                                                                                                                              | ثبات حجمي ، صلابة كبيرة جدا ،<br>تماسك ممتاز مع مواد التصليح الزجاجية ،<br>يمكن أن يكون نصف شفاف ، ثبات<br>كيميائي مقبول ، سهولة تصنيعه<br>( قولبة بضغط منخفض ) . |
| التطبيقات                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                   |
| بوليستير غير مسلح : كمادة صفنية ، كطلاء براق ، للوصل واللمق ، الزرارة ، عزل كهربائي ، اكساء وتلبيس .<br>بوليستير مسلح : (ثلاثة ارباع الاستعمالات) :<br>للبناء : صفائح للتغطية والحماية (أكثر الاستعمالات التجارية حاليا) ،<br>قوالب للبيتون ، المسابح . |                                                                                                                                                                   |

... تتمة ...

للبحر : المراكب المتوسطة الحجم ، القوارب الرياضية ، قطع ضخمة  
وكثيرة في كل البواخر ، الجسور العائمة ، قوارب التجديف  
الشخصية ، عوامات انقاذ الفرقس .  
قطع صناعية : الأحواض ، الصهاريج ، مستودعات بالأرض لطمو الخلال ،  
المدائن ، هندسة كيميائية ، مستودعات ، للتغطية  
المختلفة ، بروفيلات ، قبعات للحماية .  
الكهرباء والالكترون : للعزل الكهربائي ، للفواصل ، قطع للتحويل ،  
للدارات الأولية ، رادارات ، قطع مختلفة .  
النقل : هياكل السيارات الرياضية ، عناصر مختلفة للباصات وسيارات الشحن  
الكبيرة (مقصورة) ، عناصر لصهاريج النقل ، الكارافان ، عناصر  
للقطارات والمترو ، عناصر لصناعة الطائرة ، غرف للهواتف العمومية ،  
خزانات . . . . .  
المفروشات : مقاعد ، أسرة ، طاولات ، مقاعد للحدائق ، مقاعد للمحطات  
قطع مختلفة للحمامات . . . . .  
وهناك استعمالات عديدة مختلفة لا حصر لها للدعاية والديكور والتزلج  
وللمعارض المختلفة .

### ٣- الأيبوكسيد : Epoxydes (PE) :

تحضر هذه المواد بطريقة التحام الأجسام لـ Epichlorhydrine  
والـ Bisphénol A . المواد الناتجة تكون سائلة أو عجنية كما يمكن  
أن تكون كذلك صلبة قابلة للانحلال .  
الريزين السائل يمكن أن يتصلب باستخدام مادة مصلبة ( بالدرجة الأولى  
إضافة منشط لهذه العملية ) .  
الجدول رقم ( ١٤ ) - نهاية الكتاب - يعطينا معظم الخواص الفيزيائية  
والميكانيكية والحرارية لمادة الأيبوكسيد Epoxydes (EP) .

| المساوي                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Epoxydes | الميزات                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>أضعف ثباتا من البوليستير الغير مشبع في الحالتين :</p> <p>- انحطاط السطح بدون تغير بالخواص الاصلية .</p> <p>- زمن البلمرة أكثر طولا .</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          | <p>خواص ميكانيكية وحرارية وكهربائية وكيميائية أفضل من البوليستير الغير مشبع ، ثبات بالأبعاد ، مقاوم للتآكل ، اطفأ .</p> <p>ذاتي ، ثبات جيد بالحرارة ، لاصق جيد على المواد الاخرى ، تراجع ضعيف عند القولية .</p> |
| التطبيقات                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>ريزين مسلح بالألياف الزجاجية : أدوات رياضية مختلفة ، معدات مختلفة بمجال الطيران ، عازل للطبقات .</p> <p>ريزين محمل (بودرة معدنية ، تالك) : قوالب للتشكيل الحراري للبلاستيك ، معدات للطرق (مسلحة) ، نموذج صقات للسبائك ، علبه نواة ، قوالب السفن ، تماثيل للعرض (مانيكان) ، نموذج للفازة للانتاج المتكرر .</p> <p>ريزين مصبوب : عزل العناصر الكهربائية بالصب ، تليس الأرض والطرق اللصق : لصق المعادن مع بعضها ، لصق البيتون والمعادن على البيتون ، اصلاح وتزيين الشقوق .</p> <p>بودرة للقولية : لاجل قطع تكنولوجيا عازلة .</p> <p>بودرة لاجل المعالجات السطحية : تغليف واكساء المعادن للرسم والتصنيع .</p> |          |                                                                                                                                                                                                                 |

#### ٤ - السيليكون : Silicones

تحضر هذه المواد ابتداء من ال ( chlorosilanes ) الذي يعطي بالتحلل بالماء ال ( silanols ) ثم بطريقة التحام الاجسام مع استبعاد ( طرح ) الماء نحصل على السيليكون .

| المساوي                                                                                                                                                                                                                            | Silicones                                                                                                                                                                                   | الميزات |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| سعره مرتفع ، قابلية نفوذ كبيرة للغازات ( هذا يمكن ان يكون من الميزات كذلك ) .                                                                                                                                                      | لين ومن ، ثبات حراري بمجال كبير ( +250, -50 ) ، وحافظ على خواصه في هذا المجال ، ثبات جيد للرطوبة والبخار ، اجهادات سطحية ضعيفة ، عمليا غير قابل للاحتراق ، عازل كهربائي ، مقاوم للاشعاعات . |         |
| التطبيقات                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                             |         |
| تغطية وتلبس الدارات الالكترونية لحمايتها من الرطوبة ، الاهتزازات ومن الصدمات . عازل للطبقات ( في مجال الالكترونات والظيرونات ) ، وصلات لمنع التسرب . قوالب لينة تظهر بدقة كل التفاصيل الدقيقة جدا وتسهل انتاج قطع لها ميلان عكسي . |                                                                                                                                                                                             |         |

#### ٥ - البولي ايميد : Polyimides (PI)

يحضر بطريقة التحام الا<sup>٥</sup> جسام ل diamine aromatique و

dianhydride pytomellitique .

كما يحضر باللمرة ل Imides éthyléniques ( aminobismaléimide ) .

| المساوي                                                                                                    | PI                                                                                                                                                                                             | الميزات |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| يتأثر بوجود بخار الماء . مع مرور الزمن ، صعب التصنيع ، سعره مرتفع جدا ، تفكك الروابط الجزيئية عند 350° C . | ثبات ميكانيكي وكيميائي ، مقاوم للتعب ، لا يتشوه ببطي <sup>٥</sup> ، عازل كهربائي ، معامل الاحتكاك جيد 0,20 f 0,15 ، مقاوم للاكسدة ، اطفاء ذاتي ، ثبات حراري ممتاز بمجال كبير ( +300 , -200 ) . |         |





## الجزء الثالث

### الفصل الأول :

#### الطرق الرئيسية لتصنيع البلاستيك

هناك العديد من الطرق المستخدمة لتصنيع المواد البلاستيكية وتحويلها من نصف منتج demi-produit ( البودرة ، الحبيبات ٠٠٠٠ ) الى منتج نهائي جاهز للاستعمال والاستهلاك . التقنيات المستخدمة بالتصنيع تختلف بشكل واضح حسب نوع المادة البلاستيكية ، وهنا يمكن تمييز حالتين :

- ١ - تصنيع مواد البلاستيك الحرارى Thermoplastiques .
  - ٢ - تصنيع مواد البلاستيك المتصلب حراريا Thermodurcissables .
- أولا : الطرق الأساسية المستخدمة لتصنيع البلاستيك الحرارى TP :

الجدول رقم ( ١٥ ) في الصفحة القادمة - يبين هذه الطرق الأساسية مع بعض الخواص والمعطيات لكل منها .

هناك تقنيات أقل استعمالا لاعداد منتجات من البلاستيك الحرارى منها :

- الصب ابتداء من رزين سائل يسمح بتشكيل مخططات ، خراطى أو تصاميم ، اغطية وأغلفة وللأكياس .
- الحقن والنفخ مجتمعين ليسمحان بإنتاج أجسام مجوفة بخواص جيدة ولكن باستطاعة ضعيفة جدا .
- الترسيب (الادخال) الذى يرافق البثق والضغط ليعطي منتجات بأشكال بسيطة .

هذه الطرق غير مكلفة كثيرا انما تحتاج لدقة وخبرة جيدة عند التطبيق .

الجدول ( ١٥ )

| شكل دورة الانتاج  | الابعاد        | السماكة mm | المنتج الشق                       | المنتج الاولي               | العملية            | TP              |
|-------------------|----------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|
| شكّل دورة الانتاج | حتى ١٥ كغ      | 0,5-5      | جميع الاشكال                      | حبيبات                      | الحقن              | بلاستيك         |
| x                 | عرض حتى ٢,٥ م  | 0,03-5     | جميع اشكال البروفيل               | حبيبات                      | البثق              |                 |
| x                 | = ٢٠٠ لتر      | 0,5-5      | اجسام مجرّفة                      | =                           | النقح              |                 |
| x                 | = ٣٠٠٠ لتر     | 0,4-10     | =                                 | بودرة ناعمة جدا             | الدوران            |                 |
| x                 | عرض حتى ٢,٥ م  | 0,05-0,15  | منتجات مسطحة                      | ريزبن + اضافات<br>vinylique | المقل              |                 |
| x                 | دون ٢٠ كغ      | 0,1-6      | اشكال للتغليف                     | ورق ، صفائح                 | تشكيل حراري        | سيليكون : قايما |
| x                 | وسطي<br>0,3 mm | -          | غطاء بلاستيكي على<br>نسج          | عجينة PVC<br>PU أو          | الطلاء ،<br>الطبيس |                 |
| x                 |                |            | أغطية بلاستيكية<br>على اساس معدني | بودرة ناعمة<br>0,05-0,2mm   | التدوين            |                 |

ثانيا : الطرق الأساسية المستخدمة لتصنيع البلاستيك المتصلب حراريا TD :

الجدول رقم ( ١٦ ) في الصفحة القادمة - يبين هذه الطرق الأساسية مع بعض الخواص والمعطيات لكل منها .  
 هناك كذلك طرق أقل انتشارا لتصنيع البلاستيك المقوى خصوصا الطريقة التي تعتمد على القوة الطاردة المركزية Centrifugation وطريقة التوشيع Rubanage التي تسمح بالحصول على أجسام دائرية .  
 حيث هذه الطريقة تسمح بتغليف الأنابيب المصنوعة من البلاستيك الحراري .  
 نجد من خلال المجموعتين TP و TD أن هناك تقنيات تسمح بالوصول الى نتائج متعائلة بالنسبة للمنتج ، كما نلاحظ التطابق التالي :

| TD              | TP              |
|-----------------|-----------------|
| ضغط ، تحويل     | الحقيقة         |
| تنضيد مستمر     | البثق           |
| لف خطي          | نفخ ، دوران     |
| ضغط بين الصفائح | الحقن           |
| انضغاط (تعشيق ) | التشكيل الحراري |

يمكن كذلك ايجاد منتجات نخروبية ( ذات خلايا ) بطرق التدد أو الرغبة في الحقيقة أن هناك عمليات لا حصر لها مشتقة من العمليات الأساسية التي ذكرناها وذلك حسب الحاجة وحسب المنتج المطلوب .  
 ستقوم بدراسة عدد من عمليات تصنيع البلاستيك الحراري والبلاستيك المتصلب حراريا مع تبيان مبداء كل منها ، ميزاتها ، مساوئها وبعض التطبيقات العملية .

الجدول ( ١٦ )

| انتاج الدورة | الأبعاد             | السماكة mm | المنتج المشتق   | المنتج الأولي                        | العملية       | TTD <sup>٢</sup>                                                           |
|--------------|---------------------|------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------|
| مقطع         | بضع غرامات حتى ١ كغ | 1-5        | جميع الأشكال    | بودرة                                | ضغط           | ضغط أكبر من ١٠٠ كغ/سم <sup>٢</sup><br>فينولاست + امينولاست                 |
| =            | حتى نصف كغ          | 0,7-1,2    | =               | =                                    | تحويل         |                                                                            |
| =            |                     | 1-10       | منتجات مسطحة    | ورق أو نسج                           | ضغط بين صفائح |                                                                            |
| مقطع         | حتى ١٠٠ كغ          | 1-5        | مركب ذاتي القوة | نخيل + شعيرات زجاج<br>نخيل نسج زجاجي | ملاسة         | ضغط أكبر من الصفراء أصغر من ١٠٠ كغ/سم <sup>٢</sup><br>بولي ستير + إيبوكسيد |
| =            | -                   | -          | -               | نخيل مخطط زجاجية                     | قذف           |                                                                            |
| =            | حتى ١٠ كغ وأكثر     | 1-10       | أشكال مطروقة    | =                                    | عصر (ضغط)     |                                                                            |
| =            | عرض أصغر من متر     | 1,2-1,4    | أشكال بروفيلية  | نخيل مع زجاج مختلفة                  | تنفيد         |                                                                            |
| مستمر        |                     |            | =               | =                                    | تقطيع         |                                                                            |
| مقطع         |                     |            | أشكال دورانية   | =                                    | لف            |                                                                            |
| =            |                     |            | =               | =                                    | خططي          |                                                                            |

Injection

١ - تصنيع البلاستيك الحرارى بالحقن :

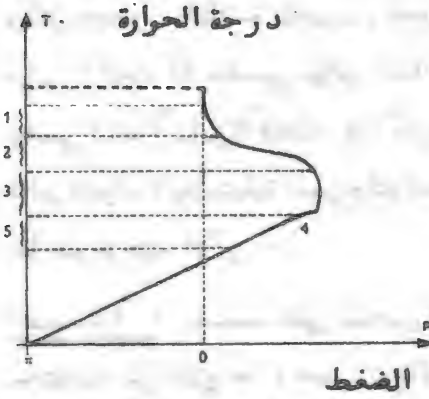
الحقن طريقة للتشكيل بالقالب تسمح بانتاج منتجات بكميات كبيرة وبكث و حجوم مختلفة تتغير من بضعة ميلليغرامات الى حدود ٢٠٠ / كيلو غرام . الحد الاعظمي يوافق الطاقة الاعظمية لآلات الانتاج الحالية وهي ذات اساس اقتصادي اكبر منه تقني . ولواخذنا بعين الاعتبار تطور المواد البلاستيكية السريع لتوقعنا انتاج آلات ذات طاقة اكبر بكثير مما هو موجود الآن .

المبدأ : يعتمد على تسخين المادة بشكل يحولها الى مائع بدرجات مختلفة من اللزوجة ( حسب نوع المادة ) واجبارها على الجريان تحت الضغط داخل القالب البارد .

شروط الحقن : درجة حرارة المادة المحقونة من اجل البلاستيك ذو التركيب الغير منتظم ( Amorphe ) تقع ضمن المجال الرابع والخامس من مخطط Tobolsky و  $(\log G_R(10) - T)$  الذي درسناه في البحث الثاني ( الصفحة ٤٤ ) الشكل ( ١٦ ) . القطعة لا تخرج من القالب الا عند ما تكون درجة حرارتها اخفض من  $T_v$  من اجل البلاستيك ( البوليمر المنتظم Cristalline ) فدرجة حرارة الحقن تكون دائما اعلى من درجة حرارة الانصهار  $T_m$  للبوليمر . اطراف القطعة المنتجة تختلف قليلا عن طبقات القالب بالوزن من درجة حرارة الحقن المرتفعة نسبيا والوزن من معامل التمدد الحجمي الكبير لمواد البلاستيك الحرارى ( TP ) خصوصا ذو التركيب المنتظم . تفسير هذا ، ان المادة المحقونة تبرد تحت ضغط مرتفع ، التبريد يؤدي الى هبوط الضغط الداخلي قبل ان تتمكن المادة من التقلص .

لوضعنا مقياس ضغط داخل القالب فانه من الممكن رسم مخطط - درجة الحرارة

الشكل ( ٢٣ ) - درجة الحرارة تحدد بالحساب وبالأخذ بعين الاعتبار التبادل الحراري الحاصل بين المادة وجدران قالب - على هذا المخطط يمكن تحديد عدد من المراحل :



الشكل ( ٢٣ )

- ١- ملء القالب .
- ٢- المادة تبرد والضغط يزداد وحملية ملء القالب مستمرة .
- ٣- مقطع قناة التغذية يمتلئ بالمادة التي تتصلب على طول الجدران وفتحة الاتصال لا تسمح بتأخير كمية كافية من الماء للمحافظة على الضغط .

٤- التصلب لمحتويات فتحة التغذية .

٥- تبريد محتويات القالب بشكل منفصل عن التغذية .

في المرحلة الأخيرة ، حجم معين من المادة ينحصر داخل حجم محدود وتغير الضغط - درجة الحرارة يتم لكتلة حجمية ثابتة . هذا التغير خطي وللبلاستيك الغير منتظم التركيب ( Amorphe ) يمكن تطبيقه العلاقة :

$$( P + \pi ) ( V - W ) = RT$$

حيث : P : الضغط .

V : الكتلة الحجمية .

T : درجة الحرارة الوسطى .

R,  $\pi$ , W : ثوابت تتعلق بالمادة البلاستيكية .

من أجل ضغطاً كتر ارتفاعاً في النقطة ( 4 ) الكتلة الحجمية يجب أن تكون أكبر . في الحقيقة ، العامل هو المتحكم بالكتلة الحجمية للمادة خلال

الحقن بسبب قابلية المادة البلاستيكية المصهورة للانضغاط .

من مميزات عملية الحقن :

١ - إمكانية الإنتاج بأعداد وأوزان كبيرة .

٢ - التجانس والدقة للمنتجات .

من مساويء عملية الحقن : ارتفاع كلفة الآلات والقوالب ، وهذا يحتم أن يكون الإنتاج بأعداد كبيرة لا تقل عن ١٠٠٠٠ قطعة (إلا في الحالات الاستثنائية) ، ويمكن أن تصل الكمية إلى مئات الألوف .

مواد البلاستيك الحرارى المحقونة :

كل مواد البلاستيك الحرارى يمكن أن تحقن بسهولة متفاوتة بين المادة والأخرى باستثناء الـ PTFE . شروط الحقن الأساسية هي :

درجة حرارة الحقن ، ضغط الحقن ، درجة حرارة القالب ، زمن دورة الحقن ٥٥٥٥٥ ، هذه الشروط هي التي تحدد مدى صعوبة أو سهولة الحقن للمواد المختلفة .

|                                       |                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| المواد المستعملة                      | <p>— عمليا كل مواد البلاستيك الحرارى (TP)</p> <p>— بكميات كبيرة PS, PEhd, PP, ABS</p> <p>— بكميات قليلة PVC الصلب (صعب الحقن)</p>                    |
| الطاقة الانتاجية                      | <p>بضع غرامات وحتى ٥ كغ ، بعد ذلك يعتبر</p> <p>حالات استثنائية قد تفوق ٣٠ كغ .</p> <p>الساكنة ٤ ر - ٥ مم ، وأكثر .</p>                               |
| الكمية الانتاجية (قوالب وحيدة الطبعة) | <p>٣ - ٤ دورة انتاجية بالدقيقة للقطع الصغيرة .</p> <p>PS : ١٠٠ غ : ٢٠٠ - ٤٠٠ قطعة / ساعة</p> <p>PEhd : ٣٠٠ غ : ١٢٠ - ٢٤٠</p> <p>PP : ٢٠٠٠ غ : ٦٠</p> |

### دورة الحقن :

الحقن مخصص لانتاج كميات كبيرة بشكل غير مستمر ، مراحل دورة الحقن

هي : ١ - اغلاق القالب .

٢ - عملية الحقن .

٣ - التبريد .

٤ - فتح القالب .

٥ - اخراج القطعة المنتجة .

اذا كانت سماكة القطعة كبيرة فمرحلة التبريد تأخذ الزمن الأكبر من

الدورة ، زمن التبريد يتناسب مع مربع السماكة (البلاستيك السيء النقل

للحرارة) ، لذا فعنلية الحقن مخصصة للسماكات القليلة ( ٣ - ٥ مم )

وهناك حالات استثنائية .

مثال : قطعة منتجة من ال PP :

| السماكة mm | كمية الانتاج : قطعة / ساعة |
|------------|----------------------------|
| 1,5        | 200                        |
| 2,5        | 100                        |
| 7,5        | 20                         |
| 25         | 3                          |

غالبا زمن التبريد يساوى نصف زمن الدورة الكا مل .

مثال : قطعة منتجة من ال PS ( ١٠٠ غرام ) :

زمن الدورة يوزع على النحو الآتي :

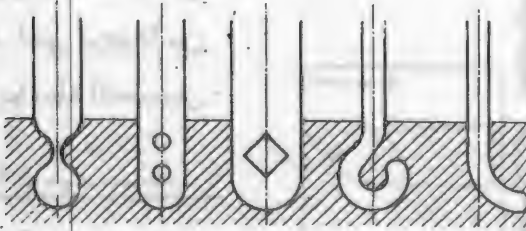
- ٢ ثانية للاغلاق .
- ٢ ثانية لعملية الحقن .
- ٦ ثانية للتبريد .
- ٢ ثانية لفتح القالب .



إذا كانت الدقة الكبيرة بأبعاد القطعة ليست مطلباً أساسياً فيمكن خفض زمن التبريد وذلك باستخدام طريقة التبريد بالهواء (هذا غير صالح لانتاج القطع الصناعية) .

### منتجات وامكانيات الحقن :

- ١- الأبعاد : يستخدم الحقن لانتاج قطع صغيرة (قطع الساعات) وقطع كبيرة مختلفة يصل وزنها الى ٣٣ كغ وأكثر . من الصعب جداً انتاج قطع سماكتها أقل من 0,4 mm بالحقن لأنها غير مضمونة أو مرغوبة اقتصادياً .
- ٢- القطع المحيوسة : Prisonniers : يمكن وضع داخل القالب قطع معدنية ، خشبية أو من السيراميك ، ، ، ، ، ، بشكل دائري ، نسيج مضلع أو ركائز ، ، ، ، ، ، حسب الشكل المطلوب ، الشكل ( ٣٤ ) .



الشكل ( ٣٤ )

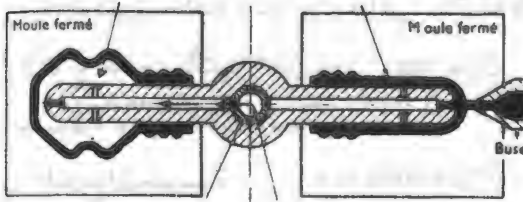
- ٣- القوالب الثابتة : مثلاً العملية السابقة يمكن أن تتم بوضع قطعة من البلاستيك غير كاملة داخل القالب وحقن نفس المادة البلاستيكية فوقها ولكن بلون آخر . هذه التقنية تستخدم غالباً لانتاج قطع مزودة باللون ( مثلاً : أزرار الآلة الكاتبة ) .

### ٤ - تقنيات مشتقة من عملية الحقن :

## ٦- الحقن والنفخ : Injection-Soufflage

من أجل انتاج أجسام مفرغة يمكن القيام بحقن نموذج القطعة الأولى ، ومن ثم يحول هذا النموذج داخل قالب ثاني لينفخ بالهواء المضغوط ليعطي الشكل النهائي للقطعة المنتجة الشكل ( ٣٥ ) .

هذه التقنية لها فائدة أكبر بالنسبة البثق - النفخ ( التي سنراها فيما



بعد ) وهي لا تحتاج للحام الذي يكون ضعيف لبعض أنواع المواد مثل Polystyrène .

من جهة أخرى ، هذه

التقنية تسمح بتحديد دقة

جتره من القطعة بنفس الدقة

الدقة التي نرجوها من

قولبة بواسطة الحقن .

### ب- الترسيب :

يمكن لآلة البثق تغذية

مجموعة الحقن ، ويمكن استخدامها

مباشرة لملء القالب . يمكن تحقيق

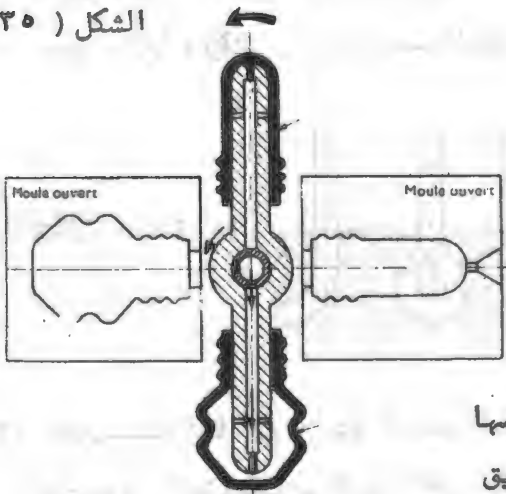
ذلك مع الـ PVC الملدن ، المواد الأخرى تتطلب تسخين القالب

حيث درجة الحرارة تكون قريبة من حرارة المنتج المحقون . هذه الطريقة

من أجل القطع القليلة العدد والقطع ذات الكتل الكبيرة ( حتى 200 mm

من السماكة ) .

الشكل ( ٣٥ )

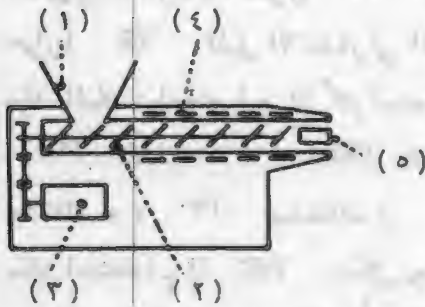


## Extrusion

## ٢ - تصنيع البلاستيك الحرارى بالبثق :

تستخدم عملية البثق الهامة لتصنيع البلاستيك الحرارى و انتاجها بشكل 40 % من وزن منتجات ال TP المصنعة بكافة الطرق . هذه العملية تؤدى لانتاج مستمر من البروفيلات اللينة والصلبة ومن الخيوط والأشرطة والكابلات والأنايب . الآلة المستخدمة لهذا الغرض تسمى Extrudeuse أو Boudineuse . نفس الآلة مع بعض المعدات الخاصة تستخدم لانتاج الأجسام المفرغة بالبثق - النفخ سوية .

المبدأ : يعتمد مبدأ العملية على استخدام آلة تحتوى على لولب (أ) و عدة لولاب Archimède ( يدور داخل الغلاف (الاسطوانة) المسخن ويدفع أمامه بصورة مستمرة المادة اللينة (الطين يتم بتأثير الحرارة) الشكل ( ٣٦ ) . مادة البلاستيك الحرارى تكون على شكل حبيبات أو بودرة أو



الشكل ( ٣٦ )

- ١ - قمع التغذية
- ٢ - اللولب
- ٣ - المحرك
- ٤ - مقاومات للتسخين
- ٥ - المخرج

بقايا (فضلات) حيث تدخل من قمع الآلة ، تمرج ، تسخن وتضغط بواسطة اللولب حيث يخرج Filière يعطيها شكل البروفيل أو المنتج المطلوب الذى يعاير ويبرد ومن ثم يجرب بواسطة مجموعة خارجية .

## مميزات البثق :

- ١ - انتاج مستمر
- ٢ - معدات نسبيا قليلة الكلفة للبروفيلات الصغيرة
- ٣ - انتاج برزيلات مختلفة الليونة

### مساوي البثق :

- ١ - ضرورة استخدام لولب مختلف لكل مادة مبثوقة .
- ٢ - ضرورة تجهيزات اضافية للمخرج *filière* لا يمكن اهمالها .
- ٣ - ضبط موازنة آلة البثق يتطلب ٢ - ٨ ساعة ، لذا فالحد الأدنى للانتاج كبير ( انتاج مستمر لعدة ايام على الأقل أى عدة كيلومترات من المنتج ) .

### المواد البلاستيكية المبثوقة :

كل مواد البلاستيك الحرارى TP قابلة للبثق بسهولة متفاوتة ، فمثلا بعض المواد مثل الـ PTFE تتطلب ظروف عملية خاصة ومعدات ملائمة ( آلة البثق بمكبس هي الأكثر استخداما في هذه الحالة ) ، للمواد الأخرى هناك عوامل متعددة تتغير تبعا لنوع المادة البلاستيكية مثل شكل اللولب ، سرعة الدوران ، درجات الحرارة ٠٠٠٠٠ بثق المواد البلاستيكية المتصلبة حراريا TD قليل الانتشار في الوقت الحاضر .

مواد البلاستيك الحرارى الأكثر استعمالا بالبثق هي : PVC اللدن ، PVC الصلب ، PEbd ، PEhd ، PMMA ، PS وشقاقته ، PP وشقاقته ، ABS والـ PA .

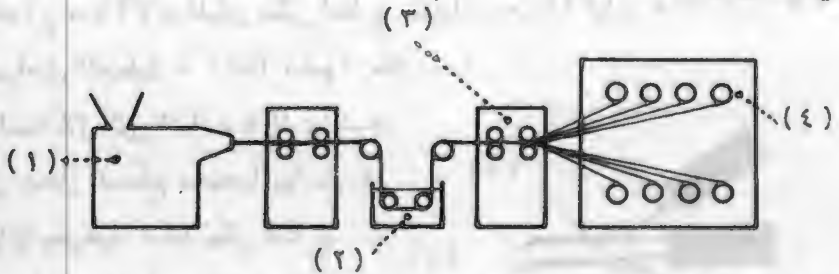
يمكن استخدام الـ PVC بشكل بودرة أو مثل باقي المواد على شكل حبيبات . كتلة الحبيبات يمكن أن تكون ملونة ، كما يمكن استخدام حبيبات غير ملونة أو بيضاء وتضاف الملونات على شكل بودرة أو حبيبات ملونة بشكل مركز جدا قبل عملية البثق .

فيما يلي سنتعرض باختصار لبعض منتجات عملية البثق الشائعة الاستعمال :

الخيوط البلاستيكية : films :  $d \leq 0,1mm$  (القطر) .

يكون المخرج بهذه الحالة متعدد الثقوب ( ٥٠ - ١٠٠ ثقب ) ، الناتج يمر عبر حوض للتبريد ومن ثم على مجموعة السحب . اختلاف بين بكرات السحب مرتبط بدرجة حرارة حوض التبريد وهذا يحدد تمدد الخيط وفق خواصه الميكانيكية ، الشكل ( ٣٧ ) .

مثلا : عند تصنيع ال PA وال Polyester acrylique سرعة اللف تكون بحدود ١٠٠ - ١٥٠ م / دقيقة .  
تستخدم هذه الخيطان في صنع الملابس 60 % وفي الصناعة 30 % وفي المفروشات 10 % .



الشكل ( ٣٧ ) : ( ١ ) : آلة البثق . ( ٢ ) : معالجة حرارية

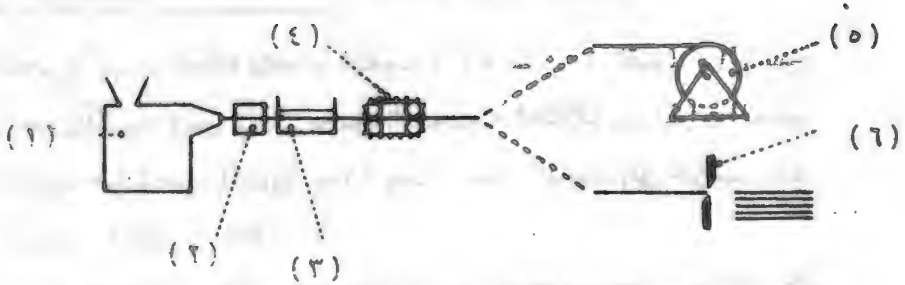
( ٣ ) : مجموعات السحب . ( ٤ ) : مجموعات اللف .

البروفيلات : Profiles :

تكون المخارج المستعملة لانتاج البروفيلات الصغيرة غير غالية التكاليف وتستطيع انتاج بروفيلات معقدة جدا . ترتيب المجموعة الانتاجية يختلف حسب طبيعة المادة المنتجة ، الشكل ( ٣٨ ) :

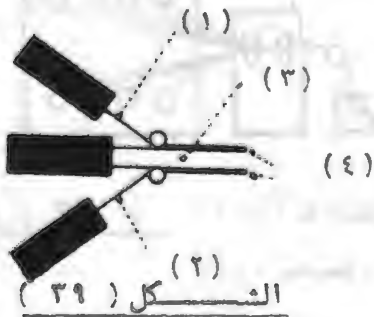
في حالة المادة الصلبة : آلة البثق ، مجموعة المعايرة ، مجموعة التبريد ، مجموعة السحب ، مجموعة التقطيع .

في حالة المادة اللينة : آلة البثق ، مجموعة تبريد ، مجموعات السحب ثم اللف .



- الشكل ( ٣٨ ) : (١) : آلة البثق • (٢) : محاكبة • (٣) : التبريد •  
 (٤) : السحب • (٥) : مجموعة اللف للمواد الطرية •  
 (٦) : مجموعة التقطيع للمواد المنتجة الصلبة •

باستخدام عدة آلات للبثق يمكن انتاج منتجات بعدة ألوان ، الشكل ( ٣٩ )  
 يبين مراحل العملية ، ( غطاء ، ضوء ، مثلاً ) •



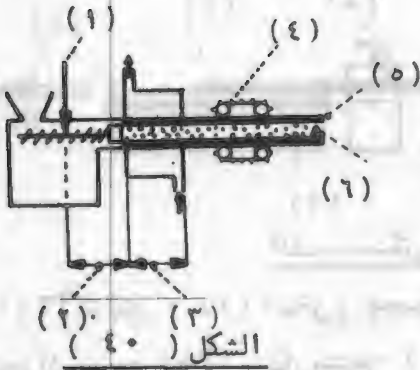
يمكن استغلال كون المادة مازالت لينة  
 لأجل جعل السطح محبباً بواسطة  
 اسطوانة محببة • كما يمكن انتاج  
 انابيب باستعمال اللف ليروفيل  
 لبثوق ومن ثم لحامه ، يمكن انتاج  
 انابيب ذات قطر ٢ - ٣ متر •  
 كذلك يمكن انتاج انابيب بأقطار  
 صغيرة ذات مقاييس •

الشكل ( ٣٩ )

- (١) و (٢) : بروفيلات شاقولية أو  
 مائلة • (٣) : بروفيل أفقي (شفاف) •  
 (٤) : لحام للبروفيلات الثلاثة •

### بروفيل ذو خلايا : Profil cellulaire :

ينتج حالياً بروفيلات ذات خلايا ، وبدأ العملية هو التالي : ادخال مركب  
 يسبب الانتفاخ داخل المادة البلاستيكية قبل خروجها من المخرج *filière*  
 فيبدأ تمدد ذاتي حيث يتم التحكم به عند الخروج بواسطة مقياس ملائم



يحدد التمدد ، الشكل ( ٤٠ ) .

نحصل على منتج ذو خلايا كثافته

(  $0,4 - 0,5 \text{ Kg} / \text{dm}^3$  )

ويستخدم في الأبنية والمفروشات بصورة

خاصة ( يحل بسهولة محل الخشب ،

ويمكن مسمرته واستعمال البرافي به ) .

( ١ ) : مركب يسبب الانتفاخ . ( ٢ ) : منطقة الضغط . ( ٣ ) : منطقة التمدد ، معايرة ، تبريد . ( ٤ ) : مجموعة السحب . ( ٥ ) : طبقة الأوجدار صلب . ( ٦ ) : النواة ذات الخلايا .

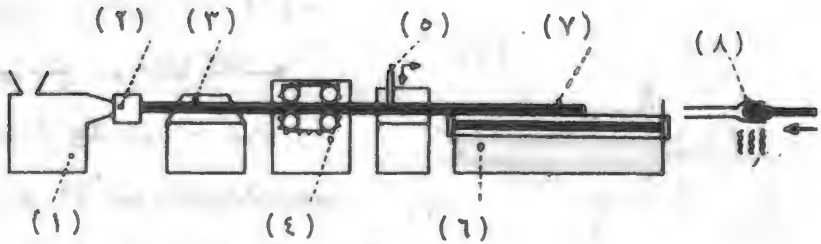
الأنايب : Tubes :

يجب التمييز بين انتاج الأنايب الطرية والأنايب الصلبة :

١ - الأنايب الطرية : وتصنع بصورة عامة من ال PVC اللدن أو من ال PEbd وأحيانا من ال PA-11 بطريقة ماثلة لانتاج البروفيلات الطرية الشكل ( ٢٨ ) . هذه الأنايب لا تصنع إلا بأقطار صغيرة ( أقل من ٣٠ مم ) ، العملية لا تحتاج الى احتياطات خاصة . سرعة الانتاج تكون بحدود ١٠ - ٢٠ متر/دقيقة .

٢ - الأنايب الصلبة : الشكل ( ٤١ ) يمثل مراحل عملية التصنيع .

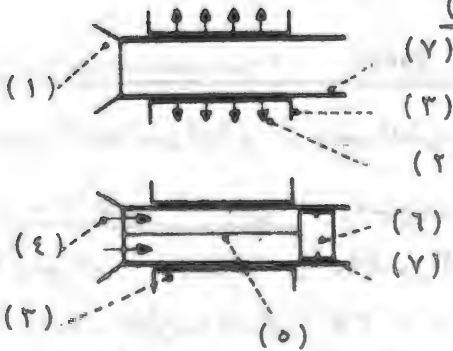
تصنع بصورة عامة من ال PVC الصلب أو من ال PEhd حيث يصنع حاليا أنابيب بأقطار حتى / ٦٠٠ مم / وحتى / ١٢٠٠ مم / حديثا . غالبا يجب استعمال مقياس خارجي ، مجموعة بنية داخلية الشكل ( ٤٢ ) . بالإضافة لذلك ولأجل أقطار ماثلة ، فإن مجموعة السحب تصبح عنصر هام



الشكل ( ٤١ )

- (١) : آلة بثق • (٢) : مخرج وجموعة معايرة • (٣) : تبريد • (٤) :  
 مجموعة السحب • (٥) : منشار متتابع • (٦) : طاولة قياس وتكديس • (٧) :  
 الأنابيب الميثوقة • (٨) : للوصل على الساخن (عند الاقتضا) •

الشكل ( ٤٢ )

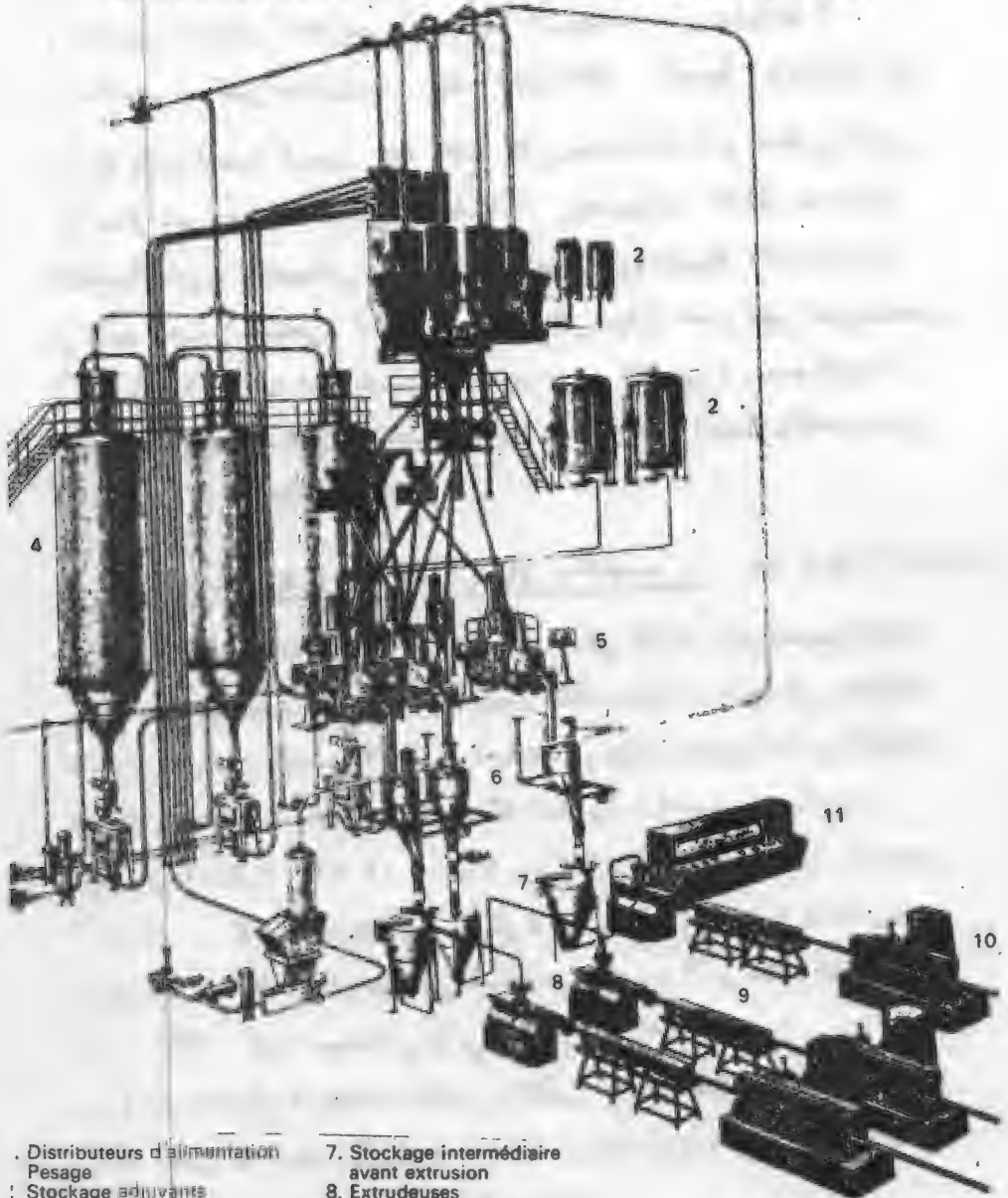


- (١) : رأس آلة البثق •  
 (٢) : تخفيض الضغط السلي :  
 (٣) : مقياس للرأس :  
 (٤) : ضغط :  $1,5 - 2 \text{ Kg/cm}^2$   
 (٥) : خيط يتصل بالمكبس •  
 (٦) : مكبس محكم •  
 (٧) : أنبوب ميثوق •

بالمجموعة الكلية • يجب ملاحظة أن الفتحة الصلبة لا يمكن لفه ويجب أن  
 يقطع وكذا بسرعة • بما أن الإنتاج يتم بشكل مستمر فهناك إمكانية  
 استعمال منشار تابع ومجموعة اتوماتيكية للتكديس بشكل مترا من مع الإنتاج •  
 عمليا يمكن الحصول على سرعات الإنتاج التالية :



( التجهيزات الكاملة لانتاج أنابيب الـ PVC بالثقوب )



- ١. Distributeurs d'alimentation
- ٢. Pesage
- ٣. Stockage adjuvants
- ٤. Pesage
- ٥. Silos de stockage de la résine
- ٦. Mélangeurs
- ٧. Cyclones

- ٨. Stockage intermédiaire avant extrusion
- ٩. Extrudeuses
- ١٠. Bacs de calibrage et de refroidissement
- ١١. Chenilles d'entraînement
- ١٢. Armoire de commande

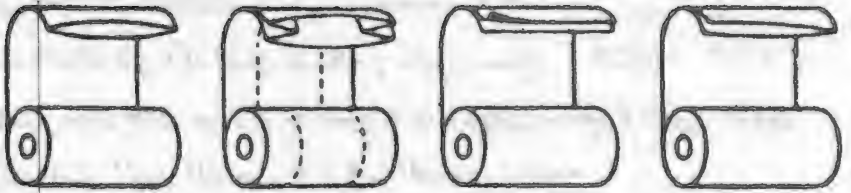
- ١ - انبوب ذو قطر أصغر من 30 mm السرعة 20 m/min
  - ٢ - انبوب ذو قطر أصغر من 100 mm السرعة 5 m/min
  - ٣ - انبوب ذو قطر أصغر من 300-400 mm السرعة 0,5 m/min
- عند ما يكون القطر أكبر من 400 mm فان معدات الانتاج تحتاج الى رأس مال كبير وخصوصا المخرج *filière* وتجهيزاته . كذلك هناك القطع والتخزين فيصعب ان مشكلة هامة . من بعض التطبيقات الخاصة فقد تم تشيد تجهيزات متحركة : آلة بثق تحمل على سيارة شحن تنتج انبوب مستمر أو باستخدام قاطرة قطار تسير بنفس سرعة خروج الانبوب ، بهذه الوسائل تم صنع أنابيب بأقطار كبيرة كقطعة واحدة بهدف تجنب الوصل بالحكام ( أنابيب PEhd ) .

#### تصنيع الطبقات الرقيقة (الأغلفة) بالبثق - النفخ : $0,2 \text{ mm} < \text{السماكة}$

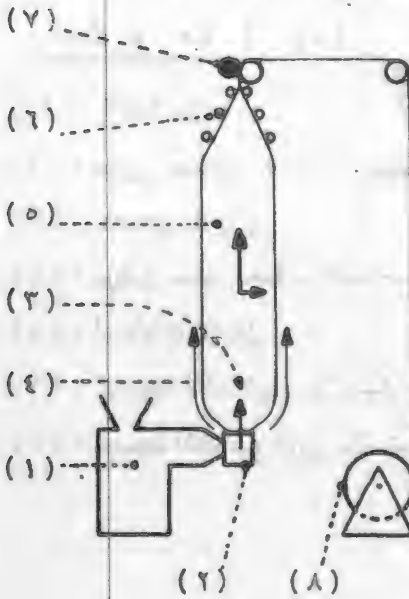
بعملية البثق وبمساعدة مخرج *filière* حلقي الشكل يمكن تصنيع طبقات رقيقة جدا حيث بعد ذلك تضغط على ملفات ساحبة موضوعة على مسافة كافية من المخرج لتجنب الالتصاق . يستخدم هوا مضغوط داخل الطبقات الرقيقة بهدف شد ها لتصل الى السماكة المطلوبة . التبريد يتم بالهوا .

الخارجي الشكل ( ٤٣ ) ، وأحيانا برش الماء ( حالة ال PP ) . من أجل ال PE يستخدم آلة بثق مع رأس قائم الزاوية . بالعكس من أجل ال PVC المحور يكون نفسه محور المخرج لأن هناك خطر احتراق ال PVC عند استخدام رأس بزاوية قائمة .

من أجل الطبقات الرقيقة ذات العرض القليل ، يمكن تصنيع عدة أغلفة بأن واحد لنفس آلة البثق ، الشكل ( ٤٤ ) . هناك طرق أخرى بنفس المبدأ البثق - النفخ ، تعطي منتجات أكثر تعقيدا .

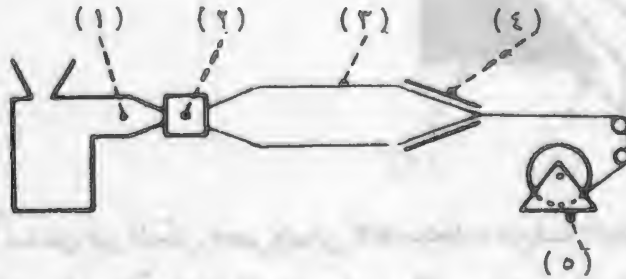


نماذج مختلفة من الطبقات الرقيقة (الأغلفة) =



الشكل ( ٤٣ )

- (١) : آلة البثق .
- (٢) : المخرج الحلقى .
- (٣) :
- (٤) : هواء نقي للتبريد .
- (٥) : فقاعات هوائية .
- (٦) : دليل .
- (٧) : اسطوانة كاثودية للاحكام .
- (٨) : لف الأغلفة المنتجة .

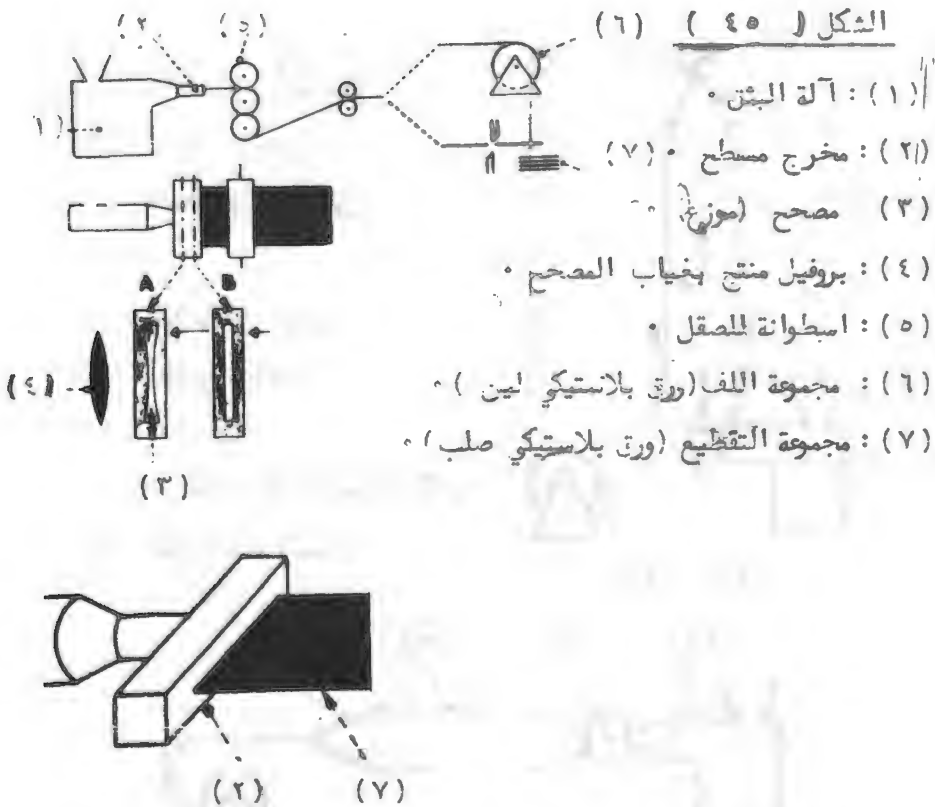


الشكل ( ٤٤ ) : (١) : آلة بثق . (٢) : مخرج حلقي . (٣) :

- نموذج التباعد . (٤) : دليل . (٥) : عملية اللف .

صفائح الورق البلاستيكية : Fouilles : (0,1-0,2 mm) السماكة  $\leq 1 \text{ mm}$ .

في هذه الحالة فإن آلة البثق تستخدم مخرج مسطح ، الشكل (٤٥) ، وهي تعتبر حالة خاصة من إنتاج البروفيلات (بروفيل مسطح) . الورق الرقيق يمكن لفه (مثل الورق العادي) ، أما العادي فيقطع .



الحقيقة أنه من غير الممكن حصر وتبيان كافة منتجات طريقة البثق وما يشتق عنها من طرق لأن هذا الموضوع طوّل ولكنه يعتبر من المواضيع الهامة والأساسية من ناحية تصنيع المواد البلاستيكية .

استخدمت هذه الطريقة منذ زمن بعيد من أجل الكاوتشوك وتستخدم حاليا بشكل واسع لبعض مواد البلاستيك الحراري مثل ( PVC ) اللدن والصلب وكذلك ( PE ) ، وهذه الطريقة تسمح بصناعة الرقائق والاعلفة والصفائح بشكل مستمر بمسافات مختلفة ، ويتم مرور المادة البلاستيكية بين اسطوانات مسخنة لدرجة حرارة ١٥٠ - ٢٠٠ م وتنظم هذه الحرارة اتوماتيكيا ، محاور الاسطوانات تكون متوازية والمبعد بينها يتناقص تدريجيا حتى الحصول على السماكة المطلوبة الشكل ( ٤٦ ) . سرعة الاسطوانات تتراوح بين ٤٠ - ٢٠٠ م / دقيقة .

مميزات العملية :

- ١- مستوى عالي من الانتاج .
- ٢- منتجات ذات أبعاد دقيقة جدا ، حيث يمكن انتاج رقائق بسماكة ٠,٠٥ م وبعرض ١,٨ متر ، وسرعة ١٠٠ م / دقيقة .

مساوئ العملية :

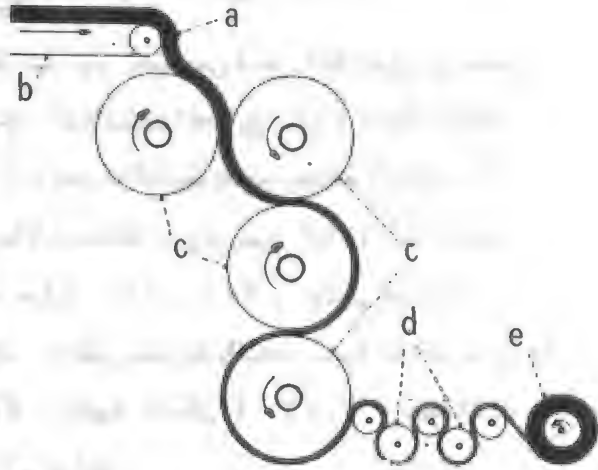
الحاجة لتوظيف رأسمال كبير لهذا النوع من الانتاج ، فبالإضافة لشن الآلات فان صيانتها وتجهيزها للانتاج مكلف كذلك ( فشلا يتطلب تهئية ووضع مجموعات العقل في حالة توازن عدة أيام وهذا يحتم ضرورة عدم الانتاج الكميات كبيرة - ١٠٠ طن وأكثر - ) .  
الغازات الناجمة عن عمليات العقل خطيرة ، لذا يجب امتصاصها والتخلص منها بشكل جيد .

التجهيزات :

آلة العقل تحتوي من ٢ - ٥ أسطوانة ( غالبا اربعة اسطوانات ) ، كل

الشكل ( ٤٦ )

- a - المجينة
- b - نقال آلي
- c - اسطوانات الانتاج
- d - اسطوانات التبريد
- e - الصفايح والرقائق
- المنتجة من
- والملفوفة



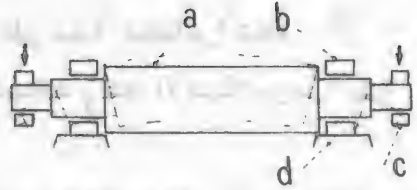
اسطوانة يمكن ان تعمل لوحدها بسرعة محددة تماما بواسطة محرك ذو سرعة متغيرة بشكل يتلائم مع درجات الحرارة لمعدات الصقل . قطر الاسطوانة حوالي / ٨٠ سم / من الفونت المسقى وقساوته السطحية حوالي ٥٠٠ بهنل وتسخن بواسطة جهاز داخلي لمائع حرارى ( زيت أو ماء مسخن جدا ) .

المصاب الكبيرة في عملية الصقل تكمن في الحصول على درجة حرارة متجانسة على طول الاسطوانة ، وتكمن كذلك في القوى الكبيرة المتولدة من مرور المادة البلاستيكية بين الاسطوانات حيث يؤدى هذا الى حدوث انعطاف بالاسطوانة *flexion* بسبب عدم انتظام في سماكة المنتجات ويمكن تلافي ذلك بعدة طرق منها :

- ١- التصحيح بواسطة تعديل الشكل للأسطوانة : ويتم هذه العملية بتقوس الاسطوانة باتجاه الشد بطريقة تصحح انعطافها بالنسبة لشكلها الاصلي ، وذلك بالتأثير بقوة على المحامل الثانوية الخارجية للأسطوانة عند نقاط التثبيت بواسطة رافعة هيدروليكية الشكل ( ٤٧ ) ، التصحيح يكون بحدود + ٠,٠٥ م .

الشكل ( ٤٧ )

- a - أسطوانة الصقل
- b - محمل رئيسي
- c - محمل ثانوي خارجي
- d - مشيت



٢- التصحيح بواسطة حرف الاسطوانات : ويتم هذا بحرف احدى الاسطوانات بالنسبة لمحورها الأصلي بحيث ان الانعطاف يتوازن اصطناعيا بفعل المحركين المؤثرين على محامل الاسطوانة ، ويكون التصحيح بحدود ٠,٢ مم كما في الشكل ( ٤٨ ) .

الشكل ( ٤٨ )

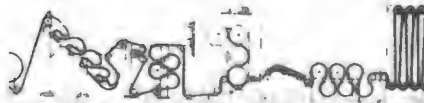


- في الآلات الحديثة تستخدم الطريقتين سوية للحصول على أفضل تصحيح ممكن
- هناك بعض التجهيزات المستعملة منها الاضافي ومنها الاحتياطي نذكر اهمها :
  - ١- خلاط للمزج يستخدم لتحضير مختلف الاشكال المستعملة من ال PVC و اضافاته .
  - ٢- معدات خاصة للقيام بعملية مزج نسيج معين مع صفائح البلاستيك المنتجة .
  - ٣- فاصل مغناطيسي لتجنب تولد الذرات المعدنية على الاسطوانات .
  - ٤- بكرات دورانية لف المنتج الخارج من آلات الصقل .
  - ٥- تجهيزات لازافة بعض انواع الحبيبات المختلفة حسب الحاجة للصفائح أو الرقائق عند خروجها ساخنة من آلات الصقل .
  - ٦- أسطوانات للتبريد من الفولاذ الغير قابل للمدا ، تبرد هذه الاسطوانات بواسطة جريان داخلي للماء المبرد ، عددها وأبعادها يكون تابع للشكل

- ٧- معدات تحكم بالسماكة المطلوبة تعمل على مبدأ امتصاص أشعة  $\beta$  .
- ٨- معدات أتماتيكية أو يدوية للقص ، وتستخدم عند الانتهاء من ملء بكرة أو بدء بكرة جديدة .
- الشكل ( ٤٩ ) يبين بعض المراحل المستخدمة لإنتاج صفائح الـ PVC
- الشكل ( ٥٠ ) يبين المراحل المستخدمة لإنتاج الأغشية الأرضية وهي عملية مزدوجة ( إنتاج + تلبيس ) وهي تقنية أخرى جديدة .



الشكل ( ٤٩ )



الشكل ( ٥٠ )

#### تطبيقات :

الصقيل يعطي صفائح بسماكات مختلفة من أجل التغليف بطريقة حرارية ( الفواكه ، كافة المواد الغذائية ٠٠٠٠ ) ، البرادى ، الأغشية ،

سقوف السيارات ٠٠٠٠٠٠٠٠ وهناك تطبيقات كثيرة لا حصر لها ولا مجال لسردها الآن .

+++++

+++++

+++++

+++++

+++++



٤ - تصنيع البلاستيك الحرارى بالتشكيل : Formage

يستخدم مبدأ التشكيل وتقنيته لمواد البلاستيك الحرارى بشكل

واسع ومتزايد وفي مجالات متعددة .

المبدأ : عملية التشكيل تبدأ من نصف منتج ( demi-produit ) على شكل صفائح صلبة بسماكات مختلفة توضع في حيز غير قابل للتشوه ثم تسخن ، عند ما تصبح الليونة كافية يتم تشكيلها بعدة طرق مختلفة على قالب ، يستخدم لذلك أداة ضاغطة أو بالهواء المضغوط أو بالأتين معا .

عملية التشكيل للمواد البلاستيكية تائل بشكل واضح عملية طرق المعادن للصفائح الرقيقة . هذا التائل سطحي أكثر منه داخلي ، وبمحصراً أكثر دقة يظهر أن الاختلافات في تركيب المواد المحولة الأساسية وواضحة تماماً من الناحية الحرارية والتقنية وكذلك من ناحية الخواص العامة .

شروط التشكيل : لوعدنا لمخطط Tobolsky حيث هناك خمسة مراحل ممثلة بخمسة مناطق تمر بها المادة البلاستيكية ( TP ) عند تغير درجة الحرارة حيث كل مرحلة تختلف تماماً بخواصها عن المراحل الأخرى ، لوجدنا أن التشكيل مستحيل في المنطقة الأولى من المخطط ، صعب في المنطقة الثانية إلا أنه سهل جداً في المنطقة الثالثة . الحدود الدنيا للمنطقة الرابعة تتطابق مع بدء الانصهار Fusion وهذا هو المجال الحرارى الذى يسمح بعمليات الحقن والبثق والصقل كما رأينا سابقاً .

التشكيل يتم بالطريقة التالية :

١- تسخن المادة لدرجة حرارة ضمن المنطقة الثالثة لمخطط Tobolsky

٢- تشكل المادة وفق المطلوب وتستخدم وسائل فحص ومراقبة عن بعد .

٣- تبرد المادة لدرجة حرارة أخفض من *Température de transition* درجة حرارة تحول المادة . ويجب المحافظة على الضغط والقوة اللازمة للتشكيل خلال عملية التبريد وهذا يؤدي إلى تشكّل اجهادات داخلية . القطعة تبقى بالشكل المراد لها . نلاحظ أننا لو أعدنا تسخين القطعة الناتجة بالتشكيل إلى درجة حرارة في المجال الكاوتشوكي ، فنلاحظ أن القطعة تأخذ الشكل والأبعاد الأصلية للمادة الأساسية *Semi-produit* وتتخلص أحيانا من الاجهادات الداخلية التي حصلت نتيجة عملية التشكيل . تشكيل البلاستيك يتم بعد تسخين المادة <sup>المصنعة</sup> المنصبة وهذا ليس ضروري للمعادن . نلاحظ أن هناك مشكلة حرارية تحكم مجموع عملية التشكيل لأسباب واضحة وهي صعوبة التسخين المتجانس للمواد العازلة للحرارة . هذه المشكلة تصبح حادة جدا عند تشكيل صفائح الـ *Polystyrènes* الرقيقة والهشة والعازلة ، ويتم حل هذه المشكلة بالتسخين بمساعدة مغذى أشعة تحت الحمراء ودورة التسخين يجب أن تكون مبرمجة بدقة وحتى عشر الثانية .

ان ضغط بسيط ( بضع ضغط جوية ) يكفي لتشكيل البلاستيك الحراري في حين أن ضغط النقطة الحرجة للجريان اللدن للمعادن يصل إلى مئات من الضغوط الجوية . كذلك القوة اللازمة لتشكيل البلاستيك لا تقارن وليس لها مقياس مشترك مع المعادن .

يجب أن يكون تشكيل المواد البلاستيكية سريع حتى تبقى المادة كوتشوكية خلال عملية التغير .

#### مميزات عملية التشكيل :

- ١- استخدام قوالب بسيطة ( عمليا بدون ضغط ) وذات كلفة قليلة .
- ٢- امكانية الإنتاج بكميات قليلة ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ قطعة .
- ٣- امكانية استخدام صفائح بسماكات رقيقة .

٤- إمكانية شد السطح وحتى خمسة أضعاف أبعاده الأصلية وأحيانا أكثر.

### مساوي عملية التشكيل :

١- النصف منتج المستخدم Semi - produit أكثر كلفة من

الحبيبات .

٢- الدقة الهندسية محدودة .

٣- سماكات غير متجانسة .

٤- استحالة الانتاج بسماكات صغيرة جدا .

### المواد البلاستيكية القابلة للتشكيل :

مجموع المواد البلاستيكية الحرارية ذات التركيب الجزيئي الغير منظم

Amorphes هو الأكثر استعمالا :

PS ومشتقاته ، PVC ومشتقاته ، CA ومشتقاته ،

PMMA ، بالإضافة لذلك يجب الإشارة الى أنه بالرغم من المعائب

الكبيرة فقد بدأ باستخدام المواد التالية في عمليات التشكيل

( منتظم جزئيا ) ، PEhd ، PEhd وكذلك PP <sup>fine</sup> Polyolé

### التسخين :

في الحقيقة ان تسخين المادة بشكل متجانس بشكل احدى المراحل الأساسية

للتشكيل الحراري . الزمن الضروري للحصول على درجة الحرارة المثالية.

بشكل تبعاً للحالات ٥٠ - ٨٠ ٪ من الزمن الكلي للدورة الانتاجية .

التسخين السريع يزيد معدل الانتاج ويخفض الكلفة .

بصورة رئيسية يمكن تمييز طريقتين للتسخين يتم الاختيار وفق حجم الانتاج

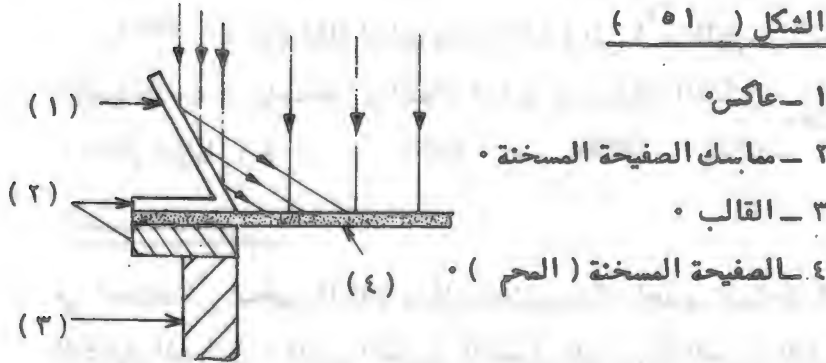
المطلوب :

١- في حالة الانتاج الكبير : التسخين يتم لدرجة حرارة أعلى من حرارة

القالب بواسطة ألواح تبت أشعة تحت الحمراء ، أو بواسطة الناقلية باستخدام  
ألواح مسخنة .

٢- في حالة الانتاج القليل : يتم التسخين بحمل حرارى قسرى بمحسم ،  
أو بالتغطيس في سائل قبل عملية التشكيل .

ان سرعة رفع درجة الحرارة تابع للخواص الفيزيائية ، أبعاد القطعة ، لمجموعة  
التسخين ، كذلك للضياح المحتمل بواسطة التوصيل ، الحمل الحرارى  
والاشعاع . كثافة التسخين تعتمد بصورة رئيسية على المادة وعلى سطح القطعة .  
أحد الشروط الأساسية لنجاح عملية التشكيل هو عزل المادة حراريا أى  
غياب الضياح بالتلامس بين المادة والأجزاء الضاغطة عليها مثلا . بصورة عامة  
يعوض الفقد بالتلامس مع الهيكل البارد ( في حالة التسخين بالأشعة  
تحت الحمراء ، وهي الأكثر استعمالا ) باستعمال عاكس كما بالشكل ( ٥١ ) ،



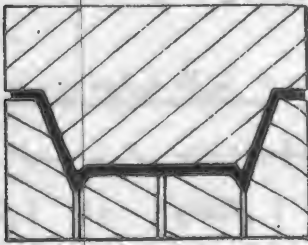
مع ذلك في بعض الحالات المحددة نحاول الحصول على ظروف حرارية  
متباينة للقيام بالتشكيل في مناطق محددة ، وبهذه الطريقة نحوى جزئيا  
التغيرات بالسماكة .

## أنواع عمليات التشكيل :

هناك عدة عمليات للتشكيل وتم غالبا بأربعة طرق تكون مشتركة بين بعضها ،  
من هذه العمليات : الطرق Emboutissage ، السحب Etirage ،  
النفخ Soufflage ، الامتصاص Aspiration .

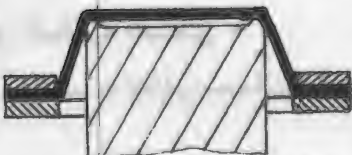
### ١- طرق حرارية - ميكانيكية : Thermomécanique

هذه العملية تتبع التشكيل بأعماق مختلفة للقطع بواسطة الطرق ، الشكل ( ٥٢ ) ،  
أوالسحب ، الشكل ( ٥٣ ) . يستعمل بمعظم الأحيان قالب أو نواة  
غير كاملة تسمح بأكثر تشكيل لكن مع تحديد الضياع الحراري . بهذه  
المعدات البسيطة يمكن الحصول على سطح حالته جيدة جدا . هناك عدة  
أشكال لهذه التقنية منها الطرق فوق الكاوتشوك ، الشكل ( ٥٥ ) ، والطرق  
مع تقطيع جوانب المادة الشكل ( ٥٦ ) .  
مهارة العاملين بمجال التشكيل سمحت بإيجاد تقنيات بسيطة ومعدات  
بوسائط بسيطة ، مثل الطرق فوق نموذج الشكل ( ٥٧ ) ، والطرق على  
سطح مدور الشكل ( ٥٨ ) .



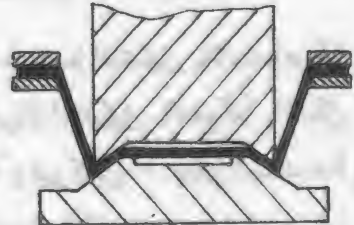
الشكل ( ٥٢ )

= الطرق =



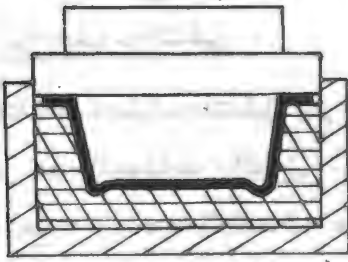
الشكل ( ٥٣ ) التشكيل

بالأداة الضاغطة



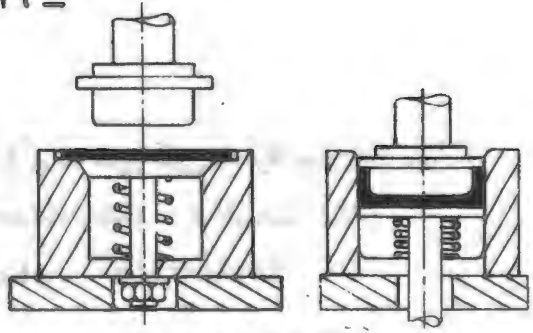
الشكل ( ٥٤ )

طرق بالضغط وقالب غير كامل



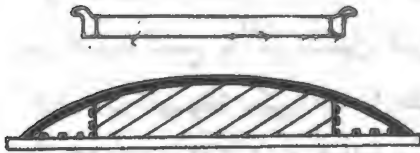
الشكل ( ٥٥ )

- الطرق فوق الكاوتشوك -



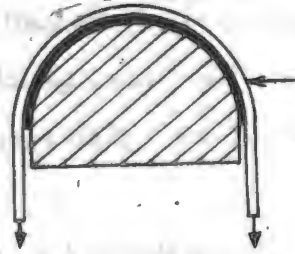
الشكل ( ٥٦ )

- الطرق مع تقطيع جوانب المادة -



الشكل ( ٥٧ )

- الطرق فوق نموذج ج -



الشكل ( ٥٨ )

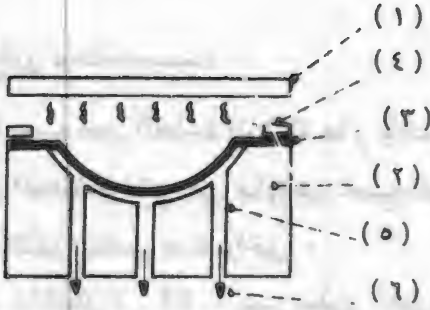
- الطرق على سطح مدور -

Thermo - pneumatiques

٢- طرق حرارية غازية :

من المستحيل في حالة المعادن استخدام طريقة التشكيل بالامتصاص كما بالشكل ( ٥٩ ) والشكل ( ٦٠ ) وطريقة التشكيل بالنفخ كما بالشكل ( ٦١ ) والشكل ( ٦٢ ) في قالب كامل أو غير كامل . يمكن استخدام هذه العمليات لتشكيل المواد البلاستيكية الحرارية المسخنة نظراً لضعف القوى المطلوبة للتشكيل .

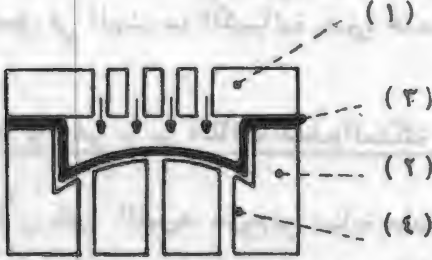
هذه التقنيات تتطلب معدات ذات تكاليف قليلة وسهلة الاستعمال والأتمتة .



الشكل ( ٦٠ )

= التشكيل بالامتصاص =

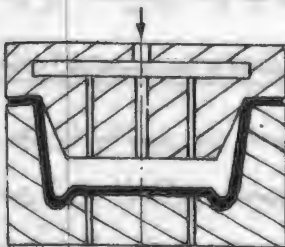
- ١- لوحة التسخين .
- ٢- قالب سالب .
- ٣- صفيحة البلاستيك .
- ٤- أداة المسك .
- ٥- ثقب للجريان .
- ٦- الامتصاص .



الشكل ( ٦١ )

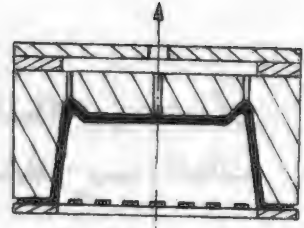
= التشكيل بالنفخ = بالهواء المضغوط =

- ١- امسك ، تسخين ، ضغط الهواء .
- ٢- القالب .
- ٣- صفيحة البلاستيك .
- ٤- ثقب للجريان .



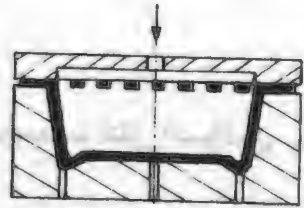
الشكل ( ٦٢ )

= التشكيل بالطرق والنفخ =



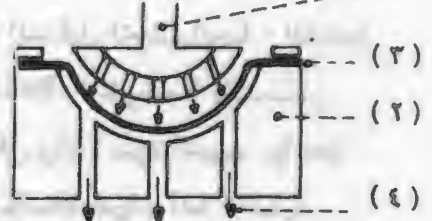
الشكل ( ٥٩ )

= التشكيل بالامتصاص =



الشكل ( ٦١ )

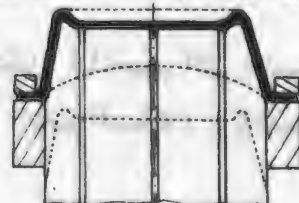
= التشكيل بالنفخ =



الشكل ( ٦٥ )

= التشكيل بالضغط والنفخ والامتصاص =

- ١- أداة ضاغطة .
- ٢- قالب .
- ٣- صفيحة البلاستيك .
- ٤- ثقب للجريان .



الشكل ( ٦٤ )

= التشكيل بالطرق والنفخ والامتصاص =

### ٣- طرق مختلطة :

عند ما يصبح عمق القطعة المشكلة هام والتغير في السماكة كبير ، نلجأ إلى الطرق المختلطة التي هي عبارة عن تجميع للطرق السابقة . وهذه الحالة فإن التشكيل يتضمن عدة مراحل .

أمثلة : الشكل ( ٦٣ ) يبين عمليتي الطرق (الضغط) والتفخ سوية . الشكل ( ٦٤ ) يبين عمليات التفخ والضغط والامتصاص مجتمعة وكذلك الشكل ( ٦٥ ) .

### ٤- طرق خاصة :

تستخدم الطرق الخاصة غالباً لصناعة الأوعية المخصصة لنقل السوائل وتعمل في الهندسة الكيميائية بصورة خاصة .

### التبريد والاخراج من القالب للقطع المشكلة :

يجب أن يكون التبريد سريع في نهاية عملية التشكيل لتجنب انحناء القطعة المنتجة وهذا يؤدي إلى تراجع Retrait أكثر ضعفاً ولكن الاجتهادات الدخيلة تكون أكثر أهمية . يمكن زيادة سرعة التبريد بواسطة تبخير الماء ، وذلك بنفخ الهواء المضغوط أو بواسطة جريان الماء البارد في الأوعية الموجودة ضمن القالب .

بعد إخراج القطع من القالب يجب تعديله وتنظيف سطوحها .

### عيوب القطع المنتجة بالتشكيل :

هناك نوعان أساسيان من العيوب تنتج بالتشكيل : العيوب التي تنتج مباشرة عن طريقة التشكيل والغير ممكن تجنبها (تغير السماكة) ، والعيوب المرتبطة بأخطاء التصنيع نفسه والمعدات .



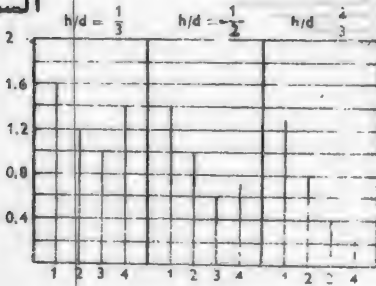
سنقتصر بالحدوث عن عيوب تغير السماكة الناتجة عن التقنية المستعملة فقط .  
تغير سماكة الألواح عند التشكيل وهذا يتعلق بعملية التشكيل نفسها .  
النفخ أو الامتصاص الحر الشكل ( ٦٦ ) أو في قالب الشكل ( ٦٧ )  
والشكل ( ٦٨ ) يمكن أن يؤدي إلى ضعف هام في القطعة في  
الأمكنة الأكثر بعدا عن ماسك صفيحة التسخين . بالمقابل فالأجزاء  
الجانبية تتحمل لأن القطعة تبرد بالتلامس بالقالب والاداة المغاطمة  
وتتشوه قليلا . بمعالجة جيدة باعتبار النقطتين السابقتين يمكن تنظيم  
السماكات إلى حد ما .



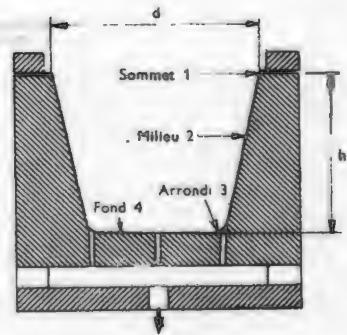
الشكل ( ٦٦ )

= تغير السماكة بالنفخ أو الامتصاص  
الحر =

السماكة



الشكل ( ٦٨ )



الشكل ( ٦٧ )

= تغير السماكة لأن جمل النفخ ولا امتصاص في قالب =

يتم اختيار عملية وطريقة التشكيل الأكثر ملائمة للإنتاج استنادا للعديد من العوامل منها :

نوع المادة المشكلة ، عمق القطعة ، الدقة المطلوبة ، سكاكة الجدران ، المعدات والوسائل المتوفرة ، مظهر القطعة ٠٠٠٠٠ الخ .

هناك نوعين متميزين لتطبيقات التشكيل الحراري وذلك حسب : الطبيعة التجارية ، خواص المعدات المستعملة وأهمية الكميات المنتجة . هذين النوعين هما :

١ - تشكيل الألواح : حيث تستعمل بمعظم الحالات المواد التالية :

• PS - ABS - PVC - PMMA -

٢ - تشكيل الصفائح الرقيقة والأغلفة وألها يستعمل كل من :

• Butadiène - PS - PVC -



٥ - تصنيع البلاستيك الحراري بالسكب والتضمين :

Coulée et  
inclusion

هذه العملية تطبق على كل من البلاستيك الحراري TP والبلاستيك المتصلب حراريا TD .

المبدأ : الصب : المادة البلاستيكية تسكب وهي في الحالة السائلة ضمن قالب حيث تأخذ شكله عند التصلب ، والتضمين هو وضع قطعة أو أي منتج داخل قاع القالب حيث يتم الصب فوقه ، ويمكن أن تتم العملية بشكل اكسا ، أو تلبيس لقطعة معينة بحيث يكون حجم القطعة أكبر من حجم المادة البلاستيكية المصبوبة .

مميزات العملية :

- ١ - بساطة العملية .
  - ٢ - قالب قليل الكلفة .
  - ٣ - إمكانية إنتاج قطع سمكية .
- مساوي العملية :

- ١ - العملية بالأصل يدوية .
- ٢ - قطع بدون تماسك كبير ( مقاومة ميكانيكية ضعيفة ) .
- ٣ - خطر تشكل فقاعات هوائية عند الإدخال .

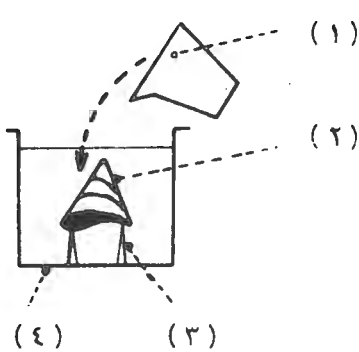
من الضروري للحصول على منتج متجانس من هذا القالب جيدا وتركه ليسكن بعد ذلك من أجل منع تشكل الفقاعات ، يمكن كذلك معالجة هذه الظاهرة بالعمل في الفراغ Sous vide . في الحقيقة هذه العملية ليست صناعية كثيرا .

القوالب : تصنع من الخشب أو الجص ( Plâtre ) ، البلاستيك خاصة

ال ( PE ) ، معدن أو زجاج .

### تطبيقات :

- بصورة عامة يمكن بواسطة السكب انتاج تصاميم مختلفة ، تلبس واكسا
- القطع المختلفة أو كعازل ضمن مجموعات • من بين التطبيقات كذلك :
- تقليد الأظعمة ، طعم صناعي للصيد ٠٠٠٠٠ الخ
- صفائح من الأكرليك Acrylique بشخانة أكبر من 4 mm وتستغرق الدورة الانتاجية حوالي ٣٠ ساعة للصفحة الواحدة وتكون الكلفة مرتفعة خصوصا للصفائح المستخدمة بدناعة الطائرات ( الصفائح الأقل سماكة تنتج بواسطة البثق PMM )
- أكسا ، الألدوات الالكترونية بواسطة ال Polyester أو epoxydes
- (عازل) أو Silicons (عازل واقى من الصدمات)
- صيانة عينات تشريحية ، حيوانية أو جيولوجية • الشكل ( ٦٩ )
- يبين صدفة محاطة بمادة البولي سثير Polyester
- صنع نماذج كهدايا للمصانع والشركات تمثل رمز هذا المصنع أو الشركة
- أو منتجها محاط بالمادة البلاستيكية الشفافة جدا



الشكل ( ٦٩ )

- ١ - مادة ال Polyester
- ٢ - الصدفة
- ٣ - حامل شفاف
- ٤ - قالب من ال PE



## ٦ - اللحام والالصاق : Soudure et Collage

اللحام هو عملية تجميع لقطعتين او اكثر من طبيعة واحدة ، ويتم ذلك بتسخين السطح بالتلامس حيث يجب ان تكون المواد قابلة للتميع بالحرارة اى بلاستيك حرارى Thermoplastique باستثناء Polytétrafluoréthylène . هذه المواد منها سهل اللحام ومنها الصعب وطرق اللحام المتعددة ليست قابلة للتطبيق لكل انواع البلاستيك ( TP ) ، فمثلا طريقة اللحام Pertes diélectrique تعطي نتائج جيدة للـ PVC في حين لا تصلح مطلقا للـ PE حيث ظل زاوية الفقد ضعيف جدا . يمكن ان يتم الحام بطريقتين :

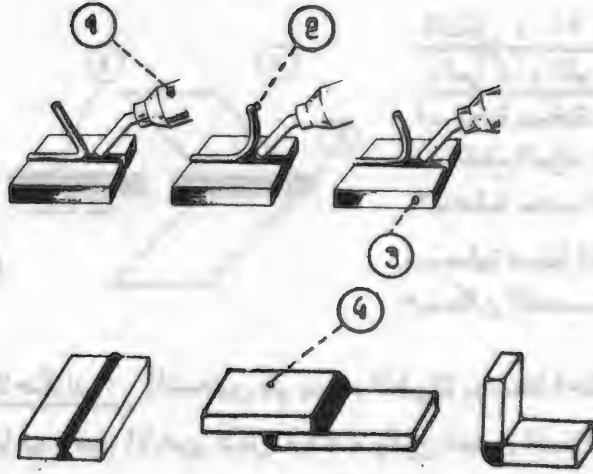
اولا : اللحام بالمشاركة : يستخدم للبلاستيك الحرارى ( TP ) الصلب ذو السماكات الكبيرة .

ثانيا : اللحام بدون مشاركة : يستخدم لكل انواع البلاستيك الحرارى ( TP ) الطرى والصلب ، وخصوصا عندما تكون السماكات صغيرة .

عملية الالصاق Collage تستخدم لكل من البلاستيك الحرارى ( TP ) والبلاستيك المتصلب حراريا ( TD ) على شرط استخدام وتهيئة محاليل مذيبة او مواد لاصقة مناسبة .

اللحام بالمشاركة : يستخدم لهذه العملية حمالج Chalumeau يعطي

هواء ساخن ( بدون لهب ) يولده ضاغط او زجاجة هواء مضغوط يسخن كهربائيا او بواسطة الغاز بحيث تكون درجة حرارته على بعد ٥ م من نقطة انطلاقه تتراوح بين ٢٠٠ - ٢٢٠ م° وضغطه ٠,١ - ٠,٥ بار . الهواء الساخن يهصر قضيب اللحام فوق القطع المراد لحامها وتجميعها والتي تكون مشطوبة غالبا ( اذا كانت السماكة اكثر من ١ م ) الشكل ( ٧٠ ) . مادة القضيب اللحامى تكون ماثلة لمادة القطع الملحومة ( لحام متجانس ) ويصنع بواسطة البثق وقطعه دائرى او مستطيل واحيانا مثلث . سرعة اللحام تصل الى ٧ م / دقيقة .



الشكل ( ٧٠ ) اللحام بالهواء الساخن

- ١- حملاج يعطي هواء ساخن .
- ٢- قضيب لحام بلاستيكي .
- ٣- القطع او الالواح الملحومة .
- ٤- امثلة على هذا النوع من اللحام .

يستخدم هذا النوع من اللحام لصفائح ال PVC حيث تتراوح السماكة من نصف الى عدة ميليمترات ، كما تستخدم للحلم ال PE و PP .  
 اللحام بدون مشاركة : ويقصد به اللحام المباشر بين القطع بدون وجود وسيط مادي بينهما ، لهذا النوع ثلاثة طرق :

### ٢ - اللحام الحراري : Soudure thermique

ويعتمد مبدأ هذه العملية على التسخين بالتوصيل الحراري للاجزاء المراد لحامها حتى تصبح لينة للغاية . عندئذ تضغط على بعضها البعض وتبقى كذلك حتى تبرد ، ويمكن القيام بهذه العملية بعدة اشكال :

### ١ - اللحام بالمرآة ( اللوح ) : تضغط القطع المراد لحامها على صفيحة

ساخنة ١٥٠ - ٣٠٠°م ثم تسحب هذه الصفيحة سريعا وتضغط القطع

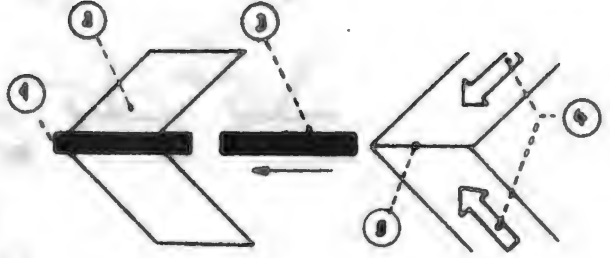
على بعضها الشكل ( ٧١ ) . هناك آلات نصف اتوماتيكية تقوم بهذه

العملية بسهولة .

الشكل ( ٧١ ) اللحام

بالمرآة أو اللوح

- ١- لوحة مسخنة
- ٢- القطع المراد لحامها
- ٣- عملية سحب اللح
- ٤- عملية ضغط القطع
- ٥- مكان اللحام



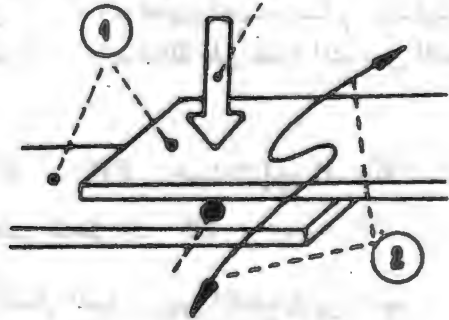
٢- اللحام بالاحتكاك : التسخين يتم بهذه الطريقة بواسطة احتكاك القطع

الملحومة الواحدة فوق الاخرى شكل ( ٧٢ ) وتكون احدى الصفائح ثابتة والاخرى متحركة .

الشكل ( ٧٢ )

اللحام بالاحتكاك

- ١- الألواح المراد لحامها
- ٢- عملية احتكاك متزايدة
- ٣- ضغط الألواح واللحام



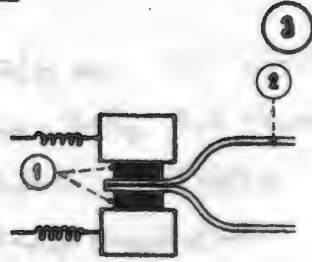
٣- اللحام بالتحريض : Soudure par impulsion

يستخدم من اجل السماكات القليلة ( ٠,٠٨ - ٠,٢ مم ) ويتم العملية بحصر الجزئين المراد لحامهما بين فكين مسخنين كهربائيا (يمكن تسخين فك او اثنين وذلك تبعا للسماكة) ، هذا يسبب انصهار البلاستيك ( من الخارج باتجاه الداخل ) ويتم اللحام بعد ضغط الفكين الشكل ( ٧٣ ) . تتم عملية التسخين بوقت قصير جدا ( ٠,٢٥ - ٢٥ ثانية ) وذلك لتجنب انصهار الكتلة ويتم تحديد الوقت وضبطه بواسطة مؤقت زمني . يغطى الفك الساخن عادة بطبقة من PFE لتجنب الانصهار عليه ، ويصنع احيانا من الالمنيوم .



الشكل ( ٧٣ ) آلة لحام بالتحريض

- ١- فكين مسخنين
- ٢- صفائح أو رقائق اللحام



استطاعة العناصر المسخنة ( ٣٠٠ وات / سم<sup>٢</sup> ) والتبريد حسب تصميم الآلة  
 • يستخدم أحيانا سلك مسخن لقصر أطراف اللحام  
 أكثر التطبيقات الشائعة لهذا النوع من اللحام هو لحام الأكياس والحقائب  
 من الـ PE والتغليف بأنواعه

ب- اللحام بالتردد العالي : Soudure haute fréquence :

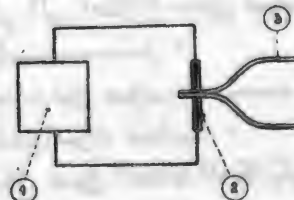
- HF -

يطبق هذا النموذج من اللحام بصورة رئيسية على المواد ذات السماكات القليلة  
 والتي فقد العزل الكهربائي فيها مرتفع وهذا تابع لتأثير العزل الكهربائي  
 ولزواجة الفقد التي تتعلق بالتردد ودرجة الحرارة  
 • العناصر المراد تجميعها تكون محصورة كذلك بين فكين بارزين الشكل ( ٧٤ )  
 ان مولد التردد العالي يفرغ شحنته الكهربائية بين الفكين ( الكترودات )  
 فيولد طاقة حرارية في كتلة المادة البلاستيكية ( من الداخل نحو الخارج )  
 في المنطقة الأكثر ملائمة وذلك تتم عملية اللحام

الشكل ( ٧٤ ) آلة لحام

تردد عالي

- ١- مولد
- ٢- فكين ( الكترودات )
- ٣- صفائح أو رقائق اللحام



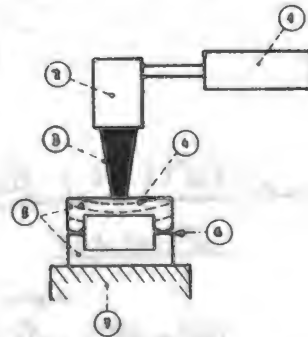
هذه الآلات جيدة من حيث المبدأ • الاستطاعة تتراوح بين 0,25-25 Kw وتعمل بشكل مستمر ودائري الا ان موجات التردد العالي H.F المرسله الى تشوش برامج الراديو والتلفزيون ( الحماية اجبارية وضرورية بواسطة استخدام قفص Faraday مثلا ) • يمكن لحام رقائق ال PVC اللينة على هذه الآلة من اجل بعض التطبيقات الرائجة جدا : العاب النفخ ، الحوائج الشفافة ، الخزن البلاستيكية اللينة . . . . .

### جـ - اللحام الفوق صوتي : Soudure Ultrasons ( US )

هذه الطريقة لا تتطلب من المواد المراد لحامها أى خواص مميزة ، تستطيع لحام معظم المواد البلاستيكية وحتى بعض المواد الاخرى • مبدأ هذه العملية يعتمد على توليد طاقة حرارية تنتج بواسطة سلسلة موجات صوتية ، فهناك اولا مولد كهربائي يولد طاقة كهربائية بتردد عالي تتحول الى طاقة ميكانيكية اهتزازية بواسطة مركز موجات ( يجب ان يتطابق مع القطعة الملحومة يجب تعديله عند تغير الشكل ) ومن ثم تتحول الى طاقة حرارية بمستوى الوصل الشكل ( ٧٥ ) تقوم بعملية اللحام • وهناك نموذجين لهذه الآلات :

#### الشكل ( ٧٥ ) آلة اللحام الفوق صوتية •

- ١- تغذية
- ٢- جهاز يحول الطاقة الكهربائية بتردد عالي الى اهتزازات فوق صوتية •
- ٣- مركز
- ٤- موجات فوق صوتية •
- ٥- القطع المراد لحامها •
- ٦- مجال تحول الطاقة الميكانيكية الى حرارة •
- ٧- مسند



١- لحام قهزب : الاداة المهترزة تتركب ( تتطابق ) تماما فوق القطع الملحومة

وتلاصق ما يمكن مستوى الوصل ( اللحام ) كما في الشكل ( ٧٦ ) .

٢- لحام بعيد : الاداة المهترزة تتلاصق مع القطعة في نقطة بعيدة عن مستوى

الوصل كما في الشكل ( ٧٧ ) .

بواسطة هذه التقنية يمكن صنع الات ندعوها تجاوزا الات خياطة للامشة ،

والحقائب من المواد التركيبية ( Synthétique ) .

يمكن لحام المواد البلاستيكية الصلبة بهذه الطريقة بشكل جيد مثل ال PS

ولكن غير مستحبة للمواد اللينة . من التطبيقات النائعة : عاكس النور Cataphote

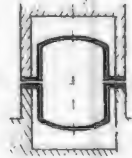
فوانس الكبريتات flotteur carburateur ، القداحات ،

كثير من استعمالات الات التصوير والافلام العادية والسينمائية . . . . .



الشكل ( ٧٧ )

آلة لحام فوق صوتية بعيدة



الشكل ( ٧٦ )

آلة لحام فوق صوتية مقربة

الاصاق : Collage

بالرغم من ان كل مواد البلاستيك الحراري ( TP ) يمكن لحامها ( بعضها

بسهولة والاخر بصعوبة ) ، الا ان عملية الصاقها احيانا صعبة .

ان ال PVD ، PE ، PP ، PA ، POM ، PFE ،

لا تلتصق او تلتصق بشكل ضعيف جدا في حين ان ال PS ، PMM ، PU

تلتصق بسهولة كبيرة . بالمقابل فعادة ال Polyoléfines التي

تلتصق بصعوبة تشكل مادة لاصقة ممتازة من اجل مواد مختلفة ( ورق ، المنيم ) .

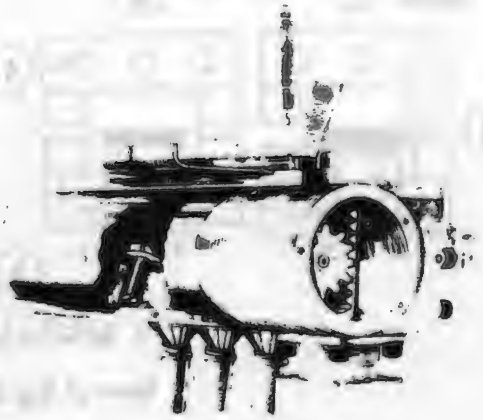
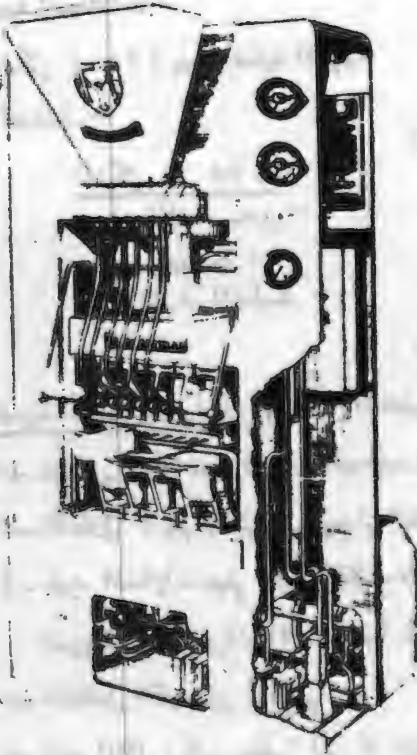
في عملية الالصاق يستخدم محاليل مذيية .

البلاستيك المتصلب حراريا ( TD ) بالرغم من كونه غير قابل للحام الا انه يمكن جمعه بواسطة الالتصاق ، والجدول التالي يبين امكانية اللحام والالتصاق للمواد البلاستيكية :

| المادة        | اللحام |           |          | الالتصاق |
|---------------|--------|-----------|----------|----------|
|               | حرارى  | تردد عالي | فوق صوتي |          |
| PS            | +      |           | +        | +        |
| ABS           | +      | -         | +        | +        |
| PVC(R)        | -      | +         | +        | +        |
| PVC(S)        | -      | +         | -        | -        |
| PVD           | +      | -         |          |          |
| PEbd          | +      |           | -        | -        |
| PEhd          | +      |           | -        | -        |
| PP            | +      |           | +        |          |
| PMM           | +      | -         | +        | +        |
| PTE           |        | +         | +        |          |
| PC            | +      |           | +        | +        |
| PPO           | -      |           | -        | +        |
| POM           | +      |           | +        |          |
| PA            | +      | -         | +        | +        |
| PFE           | -      |           |          |          |
| Cellulosiques | +      | -         | -        | +        |
| PSE           | +      |           |          | +        |
| PU            | +      | -         |          | +        |

ثانيا : الطرق الأساسية المستخدمة لتصنيع البلاستيك المتصلب حراريا TD :

- |             |                      |
|-------------|----------------------|
| Compression | ١ - التصنيع بالضغط   |
| Transfert   | ٢ - التصنيع بالتحويل |
| Injection   | ٣ - التصنيع بالحقن   |

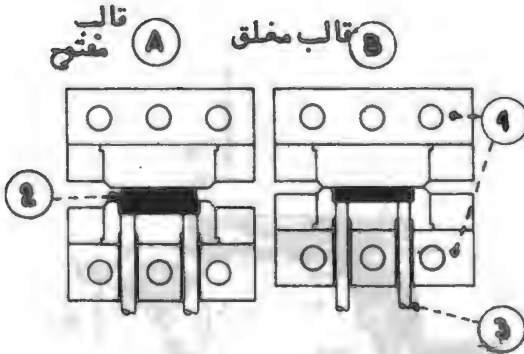


الشكل يبين آلة ضغط اتوماتيكية لتصنيع ( TD - بودرة ) ، ونلاحظ بين القمع والأقنية وجود اسطوانة افقية يدور بداخلها محور مصمت به فجوات قطرية موجهة بحجم قابل للمعايرة تستطيع بالدوران الاتصال مع القمع والأقنية حيث تجرى البودرة نحو طبعات القالب .

١- عنهم البلاستيك المتصلب حراريا T D بالضغط : Compression

البدء : توضع المادة الاولية (البودرة) المحددة بالوزن او الحجم (قد تكون مسخنة مسبقا) في قالب ساخن مفتوح يتم اغلاقه بواسطة آلة هيدروليكية بضغط يدعى " ضغط الاغلاق " . تحت تأثير الحرارة والضغط تتميع المادة وتأخذ شكل القالب تماما . من الضروري ترك المادة الزمن اللازم للتفاعل الكيميائي واستمرار التحلم المادة ببعضها يدعى " زمن التفاعل " وشكل فترة عدم حركة صهبة للمعدات .

الشكل ( ٧٨ ) يبين عملية القولية بالضغط .



الشكل ( ٧٨ )

- ١- قالب مسخن
- ٢- البودرة
- ٣- قاذف للقطعة

دورة القولية بالضغط : وتتضمن الخطوات التالية :

- ١- تحميل يدوي من البودرة المحددة وزنا او حجما .
- ٢- الاغلاق : يتم باقتراب سريح ثم اغلاق بطيء يسمح للغازات بالخروج .
- ٣- طرد الغازات : يتم بفتح القالب قليلا بعد انتهاء الاغلاق، هذه العملية ليست ضرورية في بعض الحالات لانها تترك بعض الاثر .
- ٤- التفاعل الكيميائي اللازم .
- ٥- فتح القالب يكون بطيء لكي لا تنسد القطع .
- ٦- اخراج القطعة من القالب .
- ٧- تنظيف القالب بالهواء المضغوط من الزوائد وتجهيزه من جديد للقولية .

## شروط القولية :

### ١- كتلة المادة البلاستيكية :

كتلة المادة = ( حجم القطعة × الكتلة الحجمية للمادة ) + الفقد

الفقد يحسب تجريبيا لكل قالب ولكل دورة .

### ٢- ضغط القولية :

ضغط القولية =  $\frac{\text{القوة الكلية المطبقة على القالب}}{\text{سطح القولية الكلي}}$

سطح القولية الكلي = سطح الطبعة الواحدة × عدد الطبقات

القوة الكلية = ضغط المنبت على المكبس × سطح رأس المكبس

تطبيق : المطلوب حساب القوة اللازمة للقولبة بالمعطيات التالية :

قطعة نموذج CEMP من :

أبعاد القطعة : ١١٥٥ × ١٢٥٥ سم : سطح القطعة = ١٤٤ سم<sup>٢</sup>

الضغط المنصوص به من قبل مصنع المادة = ٢٥٠٠ نيوتن / سم<sup>٢</sup> .

القوة اللازمة = ١٤٤ × ٢٥٠٠ = ٣٦ × ١٠<sup>٤</sup> نيوتن .

على آلة بقوة ١٢٥ × ١٠<sup>٤</sup> نيوتن ، مع ضغط زيت ٢٥٠٠ نيوتن / سم<sup>٢</sup>

يجب تنظيم المانومتر لالة على :

$$= \frac{٣٦ \times ١٠^٤ \times ٢٥٠٠}{١٠ \times ١٢٥} = ٧٢٠ \text{ نيوتن / سم}^٢ = ٧٢ \text{ بار} .$$

من الممكن تحسين عملية القولية بتخفيض زمن الدورة الانتاجية يتم ذلك ، اما

بانقاص زمن التفاعل بواسطة التسخين المسبق ، اى تسخين المادة البلاستيكية

قبل دخولها القالب ، واما بجعل العمليات اتوماتكية او بجمع الاثنين معا .

الجدول التالي رقم ( ١٧ ) يعطي شروط القولية المختلفة للمواد المتصلة

حراريا .

| شروط قولبة المواد اللاصقة المتعلبة حرارياً TD بالزفط |                                       |                       |               |               |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| المادة<br>الشروط اللازمة                             | Phénoplastes<br>P21, P31,<br>P11, P12 | Aminoplast<br>MF - MP | Polyesters    | Polyépoxydes  |
| درجة حرارة السطح المطلوب °                           | ١٨٠-١٥٠                               | ١٧٥-١٥٠               | ١٥٠-١٢٠       | ١٦٥-١٦٠       |
| الزفط كغ/سم <sup>٢</sup>                             | ٤٠٠-٢٥٠                               | ٥٠٠-١٥٠               | ١٥٠-٥٠        | ١٥٠-٢٠        |
| زمن التفاعل لكل مم من السماكة                        | ٤٠-٦٠ ث                               | ٦٠ ث                  | ٤٠-٦٠ ث       | ٦٠ ث          |
| تسخين مسبق (تردد عالي) ( )                           | منصوح به                              | جيد                   | غير جيد       | جيد           |
| تجفيف قبل القولبة                                    | ممكن                                  | ممكن                  | غير منصوح به  | ممكن          |
| طرد الغازات                                          | مفيد                                  | مفيد                  | غير ضروري     | غير ضروري     |
| حالة سطح القالب                                      | يفضل طلاء الكروم                      | مطلبي بالكروم         | مطلبي بالكروم | مطلبي بالكروم |

ملاحظات : ١- الشروط المذكورة بالجدول هي شروط عامة ، والمنتج للمادة الأولية يمكن ان ينصح

بشروط أكثر دقة من الناحية العملية .

٢- عندما تكون السماكة أكثر من ١٠٠ مم ، فينصح بزيادة الزفط ٥٠-١٠٠ كغ/سم<sup>٢</sup> .

٣- زمن التفاعل المبين بالجدول هو للمواد بدون تسخين مسبق ، عند استخدام التسخين

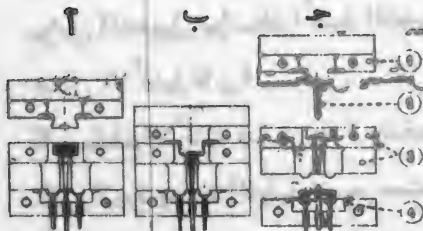
المسبق خصوصاً بطريقة التردد العالي . فقل الزمن المذكور بحدود ٢٥-٤٠ / ٤٠-٢٥ .



## ٢ - تصنيف البلاستيك المتصلب حرارياً TD بالتحويل : Transfert

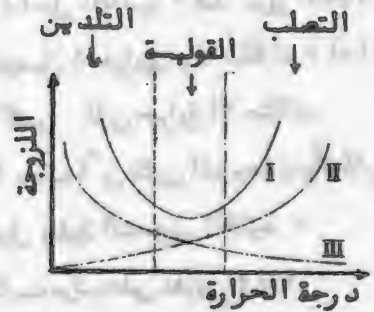
المبدأ : ترتكز هذه العملية على امرار المادة قبل دخولها القالب الساخن ضمن اسطوانة تدعى " غرفة التحويل " *Chambre de transfert* تسخن هذه الغرفة والقالب الى درجة حرارة ثابتة . بعد ذلك يطرد المكبس المادة داخل طبعة او طبعات القالب المغلق حيث تتصلب هناك . في البداية يجب ان تكون اللزوجة ضعيفة و محدود النهاية الصغرى لمخطط اللزوجة المرفق ، الشكل ( ٧٩ ) ، ويتم ذلك بواسطة التسخين المسبق . طريقة التسخين المسبق الاكثر استعمالاً هي ( HF ) ( تسخين مسبق بتردد عالي ) .

الشكل ( ٨٠ ) يبين مراحل العملية ويجب ملاحظة المقب ( *Italon* ) المتشكل والذي يعتبر كضيا عن المادة بهذه العملية :



الشكل ( ٨٠ ) التحويل

- ١ - قلب الضغط . ٢ - المقب الضائع
- ٣ - قالب التحويل . ٤ - الطبعة .
- ٥ - قالب مفتوح ( قبل القولة ) . ٦ - قالب مغلق . ٧ - قالب مفتوح ( بعد القولة ) .



الشكل ( ٧٩ )

اللزوجة والسيولة للمواد البلاستيكية المتصلبة حرارياً .

- I - اللزوجة .
- II - زيادة اللزوجة بالتفاعل الكيميائي .
- III - انخفاض اللزوجة بالتسخين .

$$III + II = I$$

هناك آلات وقوالب تصنع بالتحويل العلوي او السفلي او الزاوي الشكل ( ٨١ ) .

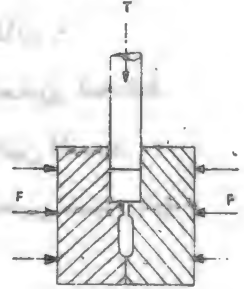
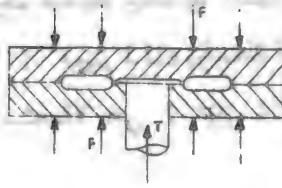
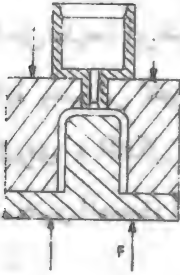


التحويل العلوي

التحويل الزاوي

الشكل ( ٨٢ ) انواع التحويل

التحويل السفلي



هذه التقنية تعتبر وسطا بين القولية بالضغط والقولية بالحقن ولا تستخدم فيها

مرحلة التلدين • Plastification

يؤمن التحويل بواسطة اقنية التوزيع المصنعة داخل القالب • عند مرور المادة

خلال الاقنية فان التسخين يستمر بواسطة التوصيل الحراري والاحتكاك • اذا

كان مقطع الاقنية صغير جدا وضغط التحويل كبير فان حرارة الاحتكاك

تكون كبيرة وعلية القولية تصبح مستحيلة • لذا يجب ان تكون الطبقات وأقطار

اقنية التغذية محسوبة استنادا لضغط التحويل ولقوة التحويل اللازمة •

تطبق قوة التحويل على المادة بواسطة مكبس ثابت مركب على مفرش الآلة او

بواسطة مكبس مساعد ثانوي •

دورة القولية بالتحويل : وتتضمن الخطوات التالية :

١- اغلاق القالب •

٢- وضع المادة المسبقة التسخين داخل واه التحويل ( التسخين المسبق يمكن

ان يتم خلال الدورة السابقة • ويجب ان يكون بأخفض درجة حرارة ) •

٣- تطبيق ضغط التحويل •

٤- التفاعل •

- ٥- فتح القالب .
- ٦- اخراج القطعة من القالب .
- ٧- تنظيف القالب ( هام ) وتهيئته من جديد للقولبة .

### شروط القولبة :

١- ضغط التحويل : وفقاً لـ J. BUTLER المادة ذات التسخين المسبق الجيد في لحظة تحولها تشابه عليها مانع ويجب تطبيق مبدأ باسكال Pascal على تحول الضغوط .

بعض التجارب بينت ان الضياع بالمادة البلاستيكية الناتج داخل اقنية التغذية يخفض الضغط داخل الطبقات حوالي الثلث من ضغط التحويل .

### ٢- السطح الكلي المقلب : بفرض أن :

- $S_1$  : سطح وهاء التحويل .
- $S_2$  : سطح مكبس الاغلاق .
- $S_3$  : السطح الكلي ( الطبقات + الاقنية ) .
- $S_4$  : سطح مكبس التحويل .
- $P_1$  : ضغط الزيت على مكبس الاغلاق .
- $P_2$  : ضغط الزيت على مكبس التحويل .

### فيكون :

- $P_1 S_1$  = قوة الآلة .
  - $\frac{P_1 S_2}{S_1}$  = ضغط التحويل ( حالة القولبة على آلة الضغط ) .
  - $P_2 S_4$  = قوة التحويل .
  - $\frac{P_2 S_4}{S_1}$  = ضغط التحويل ( حالة القولبة على آلة تحويل بمكبسين ) .
- اولا : حالة القولبة على آلة ضغط :

$$P_1 S_2 (1 - 0,1) = \frac{P_1 S_2}{S_1}$$

$$S_1 (1 - 0,1) = S_3$$

حيث : 0,1 : عامل الأمان .

ثانيا : حالة القولة على آلة تحويل بمكبس :

$$P_1 S_2 (1 - 0,1) = \frac{P_2 S_4}{S_1} S_3$$

$$\frac{P_1 S_2}{P_2 S_4 / S_1} (1 - 0,1) = S_3$$

٣- الشروط العامة : الجدول رقم ( ١٨ ) يبين شروط قبوله المواد البلاستيكية

المتصلة حراريا بالتحويل .

يتم تحسين مردود عملية القولة بالتحويل بجعلها اتوماتيكية .

| شروط القولة بالتحويل                                                              |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| المادة                                                                            | الشروط                                                                            |
| Phénoplastes.                                                                     | الضغط : 60 - 80 MPa                                                               |
| Aminoplastes :<br>- Urée formol.<br>-Mélamine formol.<br>-Mélamine phénol formol. | الضغط : 100 - 200 MPa<br>غير مستحسن استعماله لهذه الطريقة<br>القولة بالتحويل صعبة |
| Polyester.                                                                        | احتمال تمزق الألياف الزجاجية                                                      |
| Polyépoxydes.                                                                     | الضغط : 2 - 80 MPa                                                                |

الجدول رقم ( ١٨ )

### ٣- تعقيم البلاستيك المتصلب حرارياً TD بالحقن : Injection

المبدأ : عملية القولبة بالحقن للمواد المتصلبة حرارياً TD مشابهة وقريبة العملية المستخدمة لحقن مواد البلاستيك الحرارى TP . الاختلاف ناتج فقط عن خاصية التصلب الحرارى .

العملية لم تكن مستعملة الا بعد ظهور آلات ذات لولب . القوالب تكون ساخنة . هناك مجموعة للتدوين الحرارى Plastification ( لولب + غلاف ) ، وظاهرة الاحتكاك بها مهمة .

الشكل ( ٨٢ ) يبين آلة حقن ذات لولب .

ماراً يناء في بحث عملية التحول بالنسبة لسير المادة داخل الآتية ، وضغط التحول وتطبيق مبدأ باسكال وكذلك بالنسبة للسطح الكلي للقولبة مع مكبس اضافي ، قابل للتطبيق في حالة القولبة بالحقن .

#### شروط القولبة :

١- درجة حرارة اسطوانة التدوين : عند التدوين داخل مجموعة (لولب +

غلاف ) فان ارتفاع درجة الحرارة ينتج عن كمية الحرارة المتكونة بالتوصيل

الحرارى والاحتكاك .

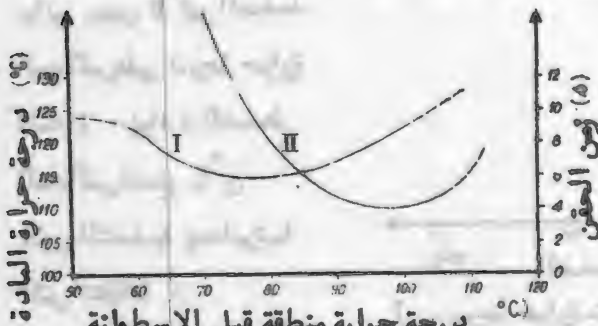
الشكل ( ٨٣ ) يمثل

مخطط بياني لتغيرات

درجة المادة وزمن

الحقن كناتج لدرجة

حرارة الغلاف .



درجة حرارة منطقة قبل الاسطوانة

I - درجة حرارة المادة .

II - زمن الحقن .

الشكل ( ٨٣ )

الحرارة المكتسبة بالتوصيل الحرارى هامة ، فعندما تكون درجة حرارة الغلاف  
ضعيفة تبقى المادة قابلة للتشكل ، الاحتكاك ضعيف جدا ، عملية القوية مستحيلة .  
اذا رفعت درجة حرارة الغلاف فانها تحصل لنقطة تكون بها المادة لينة كثيرا  
حيث يتولد احتكاك هلم . يمكن لدرجة حرارة الكتلة ان ترتفع بسرعة فتعطل  
العملية الكيميائية وتصبح القوية مستحيلة ( هذا عكس الفكرة الرائجة حاليا ،  
كل انخفاض لدرجة الحرارة للاستطوانة سيكون له تأثير سالب ) .  
الموازنة بين حرارة التوصيل وحرارة الاحتكاك تتغير من مادة الى اخرى كتطبع  
للسيولة Fluidité وقابلية رد فعل المادة على حرارة التلدين . السيولة  
المنخفضة او قابلية رد الفعل الكبير جدا توهدى الى عطب سابق لا واته للمادة  
داخل انبوب استطوانة التلدين .

٢- الضغط المعاكس : هو الضغط الذي يفرض تواجد اللولب خلال مرحلة التلدين والتغذية . زيادة الضغط المعاكس تطابق زمن أطول لتراجع اللولب ، حرارة الاحتكاك أكبر .



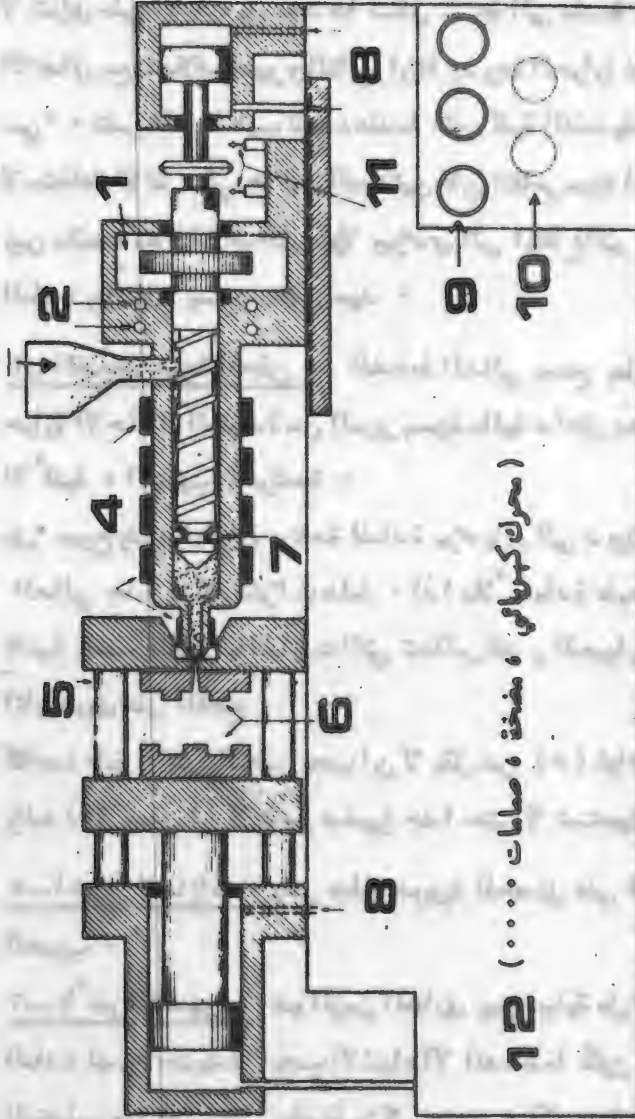
الشكل ( ٨٤ ) يمثل مخطط  
بجاني يبين تأثير الضغط  
المعاكس على درجة حرارة  
المادة • زيادة الضغط  
المعاكس تسمح بأن  
تكون التغذية وسمايرتها  
أكثر انتظاما •

١٠٠ م I - درجة حرارة منطقة قبل الاسطوانة  
٨٠ م II - - - - -  
٣- سرعة دوران اللولب :

الشكل (٥٤)

## زيادة سرعة دوران اللولب تزيد

عمل الاحتكاك وتقلل زمن التغذية وكذلك زمن تلامس البادة مع الجدار الساخن للخلاف تنقص بنفس الكمية •



الشكل (٨٢) مبخن البخار بملحقاته

- ١- محرك هيدروليكي
- ٢- اقنية ماء التبريد
- ٣- قمع التغذية
- ٤- اطواق التسخين
- ٥- قصب للربط
- ٦- القالب
- ٧- صلب منع الجريان العاكس
- ٨- انابيب جريان المائع
- ٩- منظم درجات الحرارة
- ١٠- موزع زمني
- ١١- منظم اللولب المتحرك
- ١٢- مخزن زيت

(محرك كهربائي ، مضخة ، صمامات ، ... ) 12



عندما تقدم مادة احتكاك هام (مواد بلاستيكية محملة بذرات معدنية) فهي لا تنزلق على اللولب بل نجد لها تتقل بسرعة الى مقدمة الاسطوانة فيكون زمن الاتصال مع الغلاف قصير وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة ضعيف وتلدن المادة سي . نفس هذا العيب نجده عندما تكون كمية التغذية من المادة قليلة بالنسبة لاستطاعة الالة . في هاتين الحالتين فان انقاص سرعة الدوران للولب يؤمن زمن ملائمة مع الغلاف اكثر طولا وهو دى الى ارتفاع اكبر في درجة حرارة المادة وبالتالي يسمح بحقن جيد .

٤- الضغط وسرعة الحقن : الضغط العالي يسمح بملء سهل وسريع . حرارة الاحتكاك المتولدة من المرور بسرعة عالية داخل مجموعة التوزيع (المداخل ، الاقنية ، الانبوب) مرتفعة .

ملء سريع ودرجة حرارة مرتفعة للمادة يؤدى الى دورة انتاج قصيرة . الضغط العالي جدا يشكل نتوءات هامة . اذا ملأت مادة طبعة بسرعة كبيرة جدا فانها تحصر الهواء والغازات التي تعاكس تقدم الجريان للمادة فيتشكل بالنتيجة اثار حرق على القطع .

كقاعدة عامة : زمن الحقن يجب ان لا يقل عن (٥) ثواني . مقاطع الاقنية والمداخل يجب ان لا تكون صغيرة جدا حتى لا تستحيل عملية الحقن .

٥- اخراج الغازات : وهي عملية ضرورية للحصول على قطع جيدة خالية من العيوب .

٦- تأخر التلدن : هو الزمن الجارى بين نهاية ملء الطبقات وداية تحضير المادة لدورة جديدة . يجب الانتباه الا انه عندما تكون مادة من البلاستيك المتصلب حراريا TD ملدنة بشكل صحيح ، فكل مدة تمر بين نهاية التلدن وداية الحقن تشارك في اشغال ودا التفاعل الكيميائي . تأخر التلدن يجب ان يكون منظم بحيث ان دوران اللولب ينتهي بلحظة فتح القالب .



٧- زمن تلاصق انبوب الاسطوانة وانبوب القالب : هذا الزمن يجب ان يكون قصيرا ما أمكن لان درجة حرارة انبوب الاسطوانة ترتفع بملامسة القالب وهذا الارتفاع غير مفيد لانه يسبب تفاعل البلمرة السابق لوانه ( اتحاد الجزيئات المتعددة من مركب لتشكيل مركب وزنه الجزيئي اكبر ) ، وتنظيم جيد لحرارة الانابيب جانب الاسطوانة والقالب ( بواسطة جريان سائل ) نحصل على درجة حرارة مرتفعة للمادة مع تجنب حدوث التفاعل المذكور .  
اذا لم يكن انبوب الاسطوانة ملاصقا للقالب يتأثر الضغط المعاكس ، فان المادة يمكن ان تهرب من الاسطوانة خلال التلدين . بالدورة العادية يكون الانبوبون مفصولين عن بعضها لحظة فتح القالب .

٨- زمن المحافظة على الضغط : هو الزمن الذي يستمر فيه تطبيق ضغط الحقن بعد ملء الطبقات . اذا كان هذا الزمن قصيرا كثيرا فالتفاعل لا يتم بشكل جيد .

٩- الشروط العامة : الجدول رقم ( ١٩ ) يبين شروط قوالب المواد البلاستيكية المتعلبة حراريا TD بالحقن .

### وسائل تحسين العملية :

- ١ - تعديل الضغط المعاكس بحيث يكون كتابع للتغير في  $\alpha$  زمنية تلاصق المادة مع الغلاف ، درجة حرارة الكتلة المحقونة تكون  $\alpha$  أكثر ارتفاعا في البداية منه في نهاية الحقن .  
في العديد من الآلات من الممكن الحصول على درجة حرارة أكثر تجانسا للمادة من خلال تعديل الضغط المعاكس خلال التلدين .  
في هذه الحالة ، زمن الدورة يقل وتكون نوعية المنتجات أفضل .
- ٢ - تعديل كمية التغذية بحيث تكون تابع للتوازن الجيد لشروط التلدين

وكذلك لخواص المادة • من الممكن تعديل الكمية من خلال مشوار

اللولب ( استنادا لقياس الضغط ) •

٣- أقتية باردة : بسبب كون التفاعل الكيميائي غير عكوس في المواد

البلاستيكية المتعلقة حراريا TD ، فالضياغ بالمادة ضمن الانبوب

والأقتية ( البقايا ) والبالغ بحدود 10% لا يمكن استرجاعه لذا

يلجأ إلى استعمال القوالب بأقتية باردة لانقاص الضياغ بنسبة تصل

إلى 60 % •

| شروط قبولية المواد الهلستية المتصلبة حراريا TD بالحقن |               |                     |                |
|-------------------------------------------------------|---------------|---------------------|----------------|
| Polyépoxydes                                          | Polyesters    | Aminoplastes<br>MPF | Phénoplastes   |
| ١٦٥-١٦٠<br>٨٠                                         | ١٧٠-١٥٠<br>٩٠ | ١٩٠-١٧٠<br>١١٠      | ١٩٠-١٧٠<br>١٠٠ |
| ٧٠-٦٠                                                 | ٧٠-٤٠         | ١١٠-٨٥              | ١٠٠-٨٠         |
| ٦٠-٥٠                                                 | ٤٠-٢٠         | ٨٥-٧٠               | ٧٥-٥٥          |
| ٨٠-٧٠                                                 | ٩٠-٧٠         | ١٢٠-١٢٠             | ١٢٠-١١٠        |
| ١٠٠-٥٠                                                | ١٠٠-٥٠        | ١٠٠-٥٠              | ١٠٠-٥٠         |
| ١٠٠-٥٠                                                | ١٠٠-٥٠        | ١٠٠-٥٠              | ١٠٠-٥٠         |
| ١٠٠-٥٠                                                | ١٠٠-٥٠        | ٢٠٠-١٤٠             | ٢٠٠-١٤٠        |
| من                                                    |               |                     |                |
| ٨٠-٦٠                                                 | ٨٠-٦٠         | ١٠٠-٥٠              | ١٠٠-٥٠         |
| ٨٠-٦٠                                                 | ٨٠-٦٠         | ١٠٠-٥٠              | ١٠٠-٥٠         |
| ٨٠-٦٠                                                 | ٨٠-٦٠         | ١٠٠-٥٠              | ١٠٠-٥٠         |

وتنظم بحيث يكتمل زمن على القالب مساوي ٨٠-٦٠ ثانية  
من

ملاحظة : الشروط المذكورة بالجدول هي شروط عامة ، والنتج للمادة الأولية يمكن ان ينصح بشروط اكر دقة من الناحية العملية وتبعاً للمادة .

### اختيار طريقة القولية

من أجل انتاج معين ، ومن أجل نموذج ما لقلب هناك آلة مثالية تعطي الانتاج الأمثل . في الحقيقة ان اختيار طريقة القولية والآلة يعتمد على خواص المادة ، مواصفات القطعة ، المتوفر من المعدات والمعطيات الاقتصادية .

#### أ - المعطيات الاقتصادية :

ان حساب سعر كلفة القطعة ( P ) يجب ان يأخذ بعين الاعتبار العناصر التالية :

##### ١ - سعر المادة : ( P<sub>1</sub> ) :

$P_1 = \text{سعر الشراء للمادة} \times \text{وزن المادة المصنعة} (1 - K_1)$  حيث :

$K_1 =$  عامل يأخذ بعين الاعتبار الضياعات بواسطة النقل والتخزين ٢ - ٥ ٪  
وتتظيف الآلة ٢,٣ - ٥,٥ ٪ من الكتلة ل ١٠٠ قطعة .

##### ٢ - تكاليف الصنع : ( P<sub>2</sub> ) :

$$P_2 = \frac{\text{سعر الساعة على الآلة}}{\text{عدد القطع المنتجة بالساعة}}$$

بعد حساب زمن الدورة وحساب الانتاج الساعي ، يجب التذكّر ان آلة نصف اتوماتيكية لا تعمل سوى ٨٠ ٪ من طاقتها .

$$P_2 = P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{2,4} + P_{2,5}$$

$P_{2,1}$  استهلاك الآلة ( ٥ - ١٠ سنوات ) .

$P_{2,2}$  صيانة الآلة ( ٥ ٪ من سعرها ) والاهتراء السريع لبعض القطع

يدخل في هذا البند مثل اهتراء لولب الحقن .

$P_{2,3}$  الاستهلاك الساعي من الكهرباء والنزيت .

$P_{2,4}$  الأجر الساعي للعامل ( آلة نصف اتوماتيكية تحتاج لعامل واحد ، ولكن ،

هذا العامل يكفي ل ٤ - ٦ آلات اتوماتيكية ) .

$P_3$  moule =  $\frac{\text{سعر القطعة}}{\text{عدد القطع المنتجة}}$

٥ - مصارف مختلفة : (P<sub>5</sub>) : تسخين مسبق ، مراقبة .....

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \quad : \text{---}$$

$P_r = P \cdot K$  : والسعر العائد الحقيقي

## حیت :

$K$  : عامل يأخذ بعين الاعتبار التلف والقصوط من الانتاج يكون حوالي ٢-٣ ٪

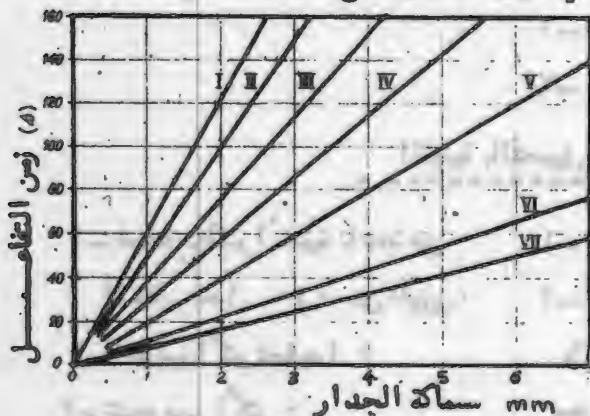
ويمكن ان يصل الى ٣٠ - ٤٠ ٪ اذا كانت القطع صعبة الانتاج .

ب - زمن التفاعل الضروري تبعاً لطرق القولة :

الشكل ( ٨٥ ) يبين مخطط بياني لزمن التفاعل كتابع لسمانة جدار القطعة

ولطريقة القلوبه وذلك

## • المادة الفينولاست



الشكل ( ٨٥ )

## I- ضغط بسيط بدون تسخين

• **مستحق**

## II- ضغط بسيط 6 تسخين

مسبق بحرم تحفیف •

### III۔ ضغط بسيط 6 تسخين

مسبق بالتحريض (تردد عالي) •

IV۔ ضغط بسيط ، تلدين مسبق ضمن غلاف + لولب •

٧- تحويل ، تسخين مسبق بالتحرّض ( تردد عالي ) .

٥ تلدین مصبق ضمن فلاف • لوب •

VII- حقن ، تلدين مسبق ضمن غلاف + لوب .

### ج- مقارنة الطرق الثلاثة للقبولة :

نورد فيما يلي ميزات مساوي كل من الطرق الثلاثة للقبولة ، وهذا يساعدنا على اختيار أفضل طريقة تناسب الصعوبات المطلوبة .

| المميزات                              | القولبة بالضغط                  | المساوي |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------|
| ١- معدات أكثر بساطة .                 | ١- زمن الدورة هو الأكثر طولاً . |         |
| ٢- إمكانية قولبة قطع كبيرة بطن وقصيرة | ٢- ضرورة المعالجة لكل طبعة .    |         |
| ٣- ضغط ضعيف نسبياً حيث يمكن           | ٣- قالب يتطلب غرفة ضغط .        |         |
| أن يكون عدد الطبقات أكثر من           | ٤- صعوبة القولبة للقطع ذات      |         |
| الطرق الأخرى .                        | السمك الصغيرة كثيراً .          |         |
| ٤- الضياع بالمادة ضعيف لعدم           | ٥- صعوبة قولبة قطع ذات حلقات    |         |
| وجود اعقاب بل هناك نتوءات أكثر .      | أو قضبان ناعمة .                |         |
| ٥- غلص ( Retrait ) ضعيف .             | ٦- عملية إزالة الزوائد هامة .   |         |
| ٦- التشوهات قليلة الحدة .             |                                 |         |
| ٧- سعر الآلات أقل .                   |                                 |         |

## القلوب بالتحويل

- ١- ضياعات أكثر أهمية ناتجة عن
  - ٢- القلب أكثر تعقيدا
  - ٣- تشوه مهم أكثر
  - ٤- تقلص ( Retrait ) أكثر أهمية
  - ٥- ضرورة تطبيق ضغط اعلى
- ١- معايرة واحدة للمادة المقولبة
  - ٢- المادة تكسب حرارة بالتوصيل والاحتكاك خلال مرورها بالاقنية
  - وداخل التحويل • تجانس حرارى جيد • والنتيجة :
  - امكانية قولبة قطع ذات سماكات متغيرة جدا •

## المساوي

## الميزات

- ١- انحدار القيم الميكانيكية في حالة المادة المسلحة بالألياف بسبب تمزق هذه الألياف خلال مرورها بالاقنية والمداخل .
- ٢- زمن التفاعل أكثر قصرا .
- ٣- تحسين التفاعل الذي يؤدي الى تحسين الخواص الميكانيكية باستثناء البلاستيك المسلح بالألياف الزجاجية .
- ٤- تناقص خطر تمزق القضبان او الحلقات .

- ٥- قالب مغلق قبل دخول المادة .
- ٦- كمية المادة لا تعتمد على الافلاق .

## القولبة بالحقن

- ١- أهترأ هام للولب، لغلاف التلدين ولمدخل القوالب .
- ٢- خطر تشوه كبير بالتهريد للقطع عند مداخل الحقن .
- ٣- صعوبة القولبة مع التضمين .
- ٤- صعوبة قولبة المواد البلاستيكية المسلحة بالألياف الزجاجية . لان المواد تفقد كافة خواصها الميكانيكية عند نزولها من القمع .
- ٥- ضياع هام ناتج عن الأعقاب .
- ١- امكانية الإمتعة الكلية .
- ٢- قولبة مباشرة ابتداء من البودرة .
- ٣- المادة تكتسب حرارة بالتوصيل والاحتكاك خلال مرورها بالاسطوانة والاقنية والمداخل . حيث لا يوجد عمل يدوي ، فلا ضياع بالزمن بين نهاية التلدين والحقن . من الممكن القيام بتصخين مسبق للمادة لدرجة حرارة أكثر ارتفاعا من حالة القولبة بالتحويل وبالتالي يكون زمن التفاعل قصيرا جدا .



## الفصل الثاني :

### طرق خاصة لتصنيع وانتاج البلاستيك المسلح مع تطبيقات

في الحقيقة ان هذا البحث المتعلق بتصنيع البلاستيك المسلح هام بالنسبة لهندسة البلاستيك . الا لمام بكل جوانبه بشكل كامل يحتاج بالتاكيد الى كتاب خاص ، لذا فاننا سنبين فقط ما يساعدنا على استيعاب الاسس والقواعد العامة لهذا الموضوع . كما نود الاشارة الى ان الحسابات التي تتعلق بالناحية الميكانيكية ( خاصة ما يتعلق بمقاومة المواد : الاجهادات ، الانفعالات ..... ) لهذه المواد المركبة ( مادة بلاستيكية + مادة تسليح بطبقة واحدة او عدة طبقات او بشكل متناثر ) ذات مستوى رفيع وهام ونا ، مل ان نتكمن من اصدار ملحق خاص لهذا الكتاب يتضمن النقاط ذات الاساس النظرى والنتائج التجريبية التي تم التوصل اليها والتي تمكننا من القيام بهذه الحسابات في الحالات المختلفة .

المواد البلاستيكية المسلحة وهي المواد البلاستيكية التي تتضمن مواد اخرى الغاية منها تحسين الخواص بصورة عامة بما يلائم المطلوب . مواد التسليح كثيرة ومتعددة والجدول رقم ( ٢٠ ) في الصفحة القادمة يبين اهم انواعها مع خواصها الميكانيكية ( الفولان يستعمل قليلا مع البلاستيك ويستعمل كمعزق مقارنة يسمح بالحكم على فوائد مواد التسليح من حيث الخواص الميكانيكية النقية - استنادا للكتلة الحجمية ) .

سنقتصر بدراستنا على مواد التسليح الزجاجية لاهميتها البالغة وكثرة تطبيقاتها في الصناعات البلاستيكية بسبب خواصها الجيدة وسعرها المنخفض ،



الجدول ( ٢٠ )

| مواد التصليح                | الكثافة الجسمية                             | مقاومة<br>انحناء الشد                                                                 | التمدد<br>حتى الانهيار | معامل المرونة                                 | معامل<br>المرونة النقي                 |
|-----------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
|                             | Masse<br>Volumique<br>(م) g/cm <sup>3</sup> | Résistance<br>à rupture, $\sigma_R$<br>traction $\sigma_a/p_1$<br>daN/mm <sup>2</sup> | %                      | Module<br>d'Young<br>E<br>daN/mm <sup>2</sup> | Module<br>d'Young<br>spécifique<br>E/م |
| Carbone<br>كربون            | 1,74                                        | 210                                                                                   | 121                    | 20000                                         | 11490                                  |
| Graphite<br>غرافيت          |                                             |                                                                                       |                        |                                               |                                        |
| - H.R<br>عالي المقاومة      | 1,77                                        | 280                                                                                   | 158                    | 27000                                         | 15250                                  |
| - H.M<br>عالي المعامل       | 1,94                                        | 210                                                                                   | 108                    | 40000                                         | 20618                                  |
| Bore<br>بور                 | 2,6                                         | 350                                                                                   | 135                    | 40000                                         | 15384                                  |
| Verre<br>زجاج               |                                             |                                                                                       |                        |                                               |                                        |
| E                           | 2,55                                        | 220                                                                                   | 86                     | 7800                                          | 3058                                   |
| S(H.R)<br>عالي المقاومة     | 2,55                                        | 350                                                                                   | 137                    | 7500                                          | 2942                                   |
| Acier<br>الفولاذ<br>ملاك شد | 7,75                                        | 350                                                                                   | 45                     | 21000                                         | 2710                                   |

ولن نتعرض لمواد التسليح الأخرى ذات الطبيعة المختلفة والمستعملة أحيانا كالكرتون الذي يستعمل بحالات خاصة جدا حيث السعرا يلعب دورا أساسيا .

تتألف المادة البلاستيكية المسلحة من مادة التسليح والأساس البلاستيكي :

١ - مادة التسليح : المقاومة الميكانيكية الكبيرة بالإضافة الى خواص أخرى جيدة تجعل الألياف الزجاجية مادة التسليح الأولى والأكثر فعالية والأرخص ثمنًا . وتتألف بمعظم الأحيان من الألياف تحت أشكال مختلفة وكل منها يتناسب مع نوع من البوليمر ، من هذه الأشكال :

Roving ، Mat ، Fils coupés (خيوط مقطعة) ، Tissus (نسيج) على عدة أشكال ، والشكل ( ٨٦ ) يبين هذه الأنواع المختلفة .

هذا الزجاج المخصص لصنع الخيوط والشعيرات الزجاجية يصنع من مركبات خاصة ، وصناعتها له عدة أنواع : E ، A ، C ، R .

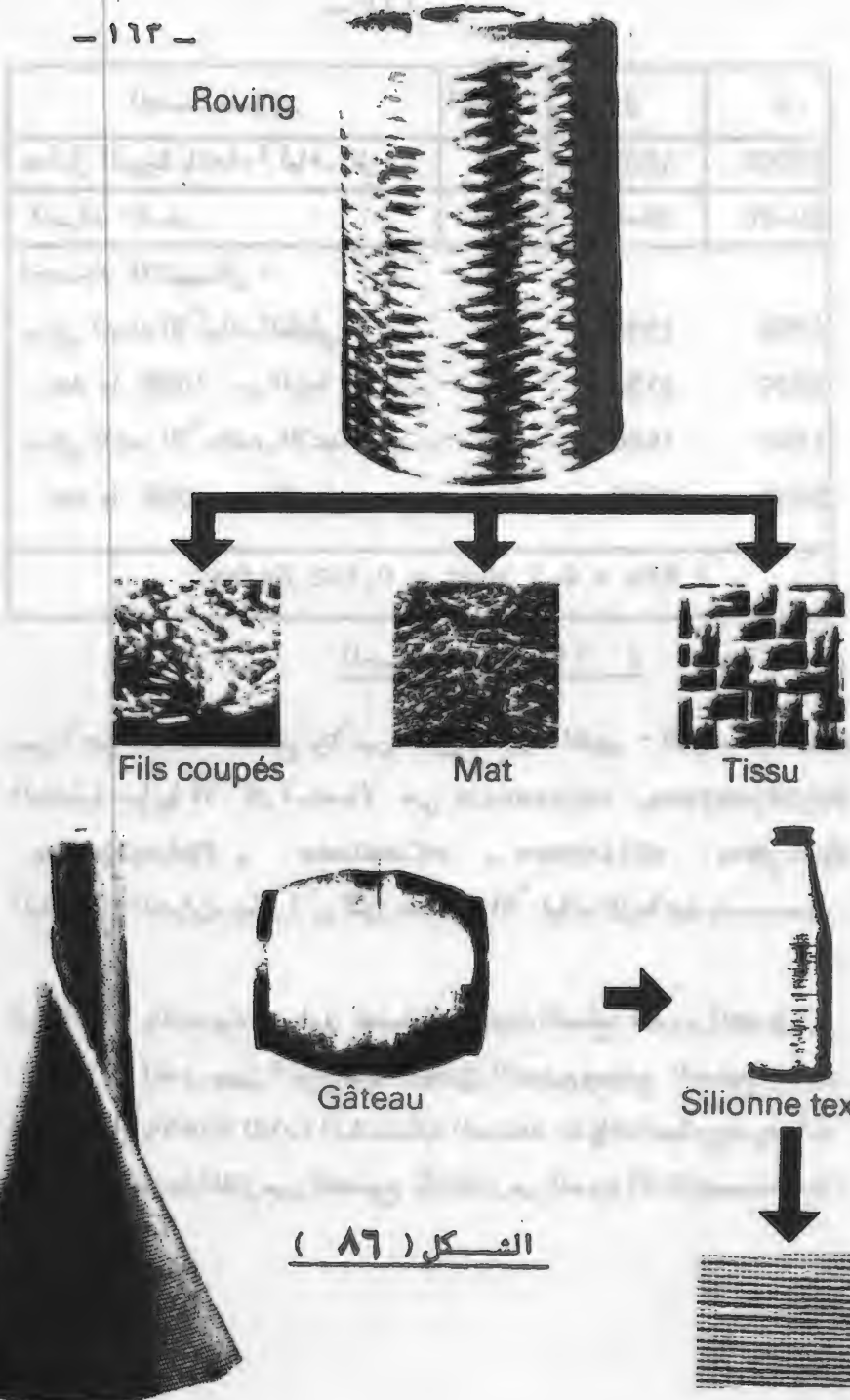
الزجاج R : ورمزه (V.R) (في الولايات المتحدة يرمز له V.S) وهو Aluminosilicate ويستخدم في الصناعة لبعض الحالات التي تتطلب مردود عالي .

الزجاج E : ورمزه (V.E) وهو الأكثر استعمالا وشيوعا وخصوصا Borosilicate . المواد الأولية الضرورية لإنتاج هذا الزجاج :

الكلس Chaux ، رمل الصوان Silice ، أكسيد الألمنيوم Alumine ، وصالح أبيض Kaolin . . . . الخ .

الجدول رقم ( ٢١ ) يعطينا خواص كل من V.E و V.R ومقارنة بينهما .

٢ - الأساس البلاستيكي : وهو من متطلب حراريا TD مهمته الحصول



الشكل ( ٨٦ )

| R                                           | E     | الوحدة | الخواص                            |
|---------------------------------------------|-------|--------|-----------------------------------|
| 53000                                       | 45000 | MPa    | معامل المرونة باتجاه ألياف الزجاج |
| 60-70                                       | 50-60 | MPa    | اجهاد القص                        |
| اجهاد الانهيار :                            |       |        |                                   |
| 1700                                        | 1350  | MPa    | - في اتجاه الألياف الطولي ....    |
| 2800                                        | 2150  | MPa    | عند ما 100% من الزجاج ...         |
| 1800                                        | 1400  | MPa    | - في الشد الأحدى الاتجاه ...      |
| 3050                                        | 2300  | MPa    | عند ما 100% من الزجاج .....       |
| 1 MPa = 0,1 hbar = 0,102 Kg/mm <sup>2</sup> |       |        |                                   |

### الجدول ( ٢١ )

بين أجزاء مادة التسليح وتأمين التوزيع الجيد للقوى • المواد البلاستيكية المتصلبة حرارياً الأكثر استعمالاً هي : Polyépoxydes, Polyester, Phénoliques , mélamines , silicones • معظم مواد البلاستيك الحرارى يمكن أن تكون مسلحة بالألياف الزجاجية مثل :

قبل البدء • بالحديث عن طرق تصنيع البلاستيك المسلح لندرس الجدول رقم ( ٢٢ ) الذى يبين أنواع عمليات وطرق التصنيع ونموذج التسليح ونسبته المثوية ، بالإضافة للمادة البلاستيكية المستخدمة والمناسبة مع درجات الحرارة والضغط اللازمين للتصنيع وكذلك زمن الدورة الانتاجية •

الجدول رقم ( ٢٢ )

| زمن<br>دورة الإنتاج | درجة الحرارة<br>C | الضغط<br>bar(1) | الربط                          | عملية القلبية و نموج التسليح                |
|---------------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| 30min-24h           | 20-50             | 0               | Polyester<br>Epoxydes          | Mat<br>Tissu<br>بالتلامس                    |
| 1-10min             | 100-180           | 7-200           | Polyester<br>EP, PF,<br>SI, MF | Mat<br>على آلة مع Mat                       |
| 1-30min             | 100-180           | 7-200           | Polyester<br>EP, PF,<br>SI, MF | Mat<br>Tissu<br>على آلة مع تمشيق            |
| 10-20min            | 80-100            | 1-3             | Polyester                      | F.coupé<br>بالقوة الطاردة المركزية          |
| 1-2 m/min           | 80-110            |                 | Polyester<br>Epoxydes          | Mat<br>Tissu<br>F.continuous<br>بالتفطيس    |
| 5-200 Kg/h          | 20-70             |                 | Polyester<br>Epoxydes          | F.continuous<br>Ruban tissu<br>باللف الخيطي |
| 0,5-5min            | 120-180           | 20-350          | Polyester<br>Epoxydes          | F.coupés<br>بضغط                            |

(1): 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa

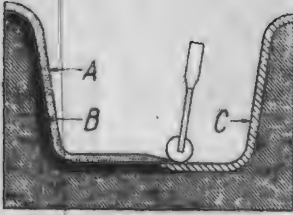
## طريق تصنيع البلاستيك المسلح

### ١ - القولية بالتلامس : Moulage au contact : الشكل ( ٨٧ ) :

كانت هذه الطريقة هي الأولى التي استعملت لقلوبة ال Polyester المسلح ، وهي التي سهلت وحقت مفهوم انتاج البلاستيك المسلح .  
ترتكز هذه الطريقة بهيمنة على وضع طبقات متتالية من مادة الزجاج التي تكون على أشكال مختلفة ( Tissu و Mat و Ruban ... )  
داخل قالب وتعشق أولاً بأول بمقدار معين من رزق متصلب حرارياً TD .  
هذه الطريقة تستعمل بتجاذب لأجل انتاج قطع من كل الأبعاد والعجود  
تبدأ بقطع المعدات الكهربائية وتصل الى المساح الكاملة ، الشكل ( ٨٨ ) ،  
والقوارب بمختلف القياسات والأغطية والتماثيل ..... وليس هناك من  
تعديلات لا على الحجم ولا على صعوبة وتعقيد الشكل المنتج .  
عملية القولية بالتلامس تحتاج مع ذلك الى تهيئة شكل للقطعة المنتجة ( من  
الجرأ والخشب ..... مثلاً ) وعند الاقتضا من الحديد أو الفولاذ  
المشكل . يجب أن يتم تهيئة النموذج بعناية فائقة ونعومة كيميائية  
ومدروس بحيث يكون سهل الانتاج ، هذا ويمكن صناعة القالب من البلاستيك  
المسلح والمزود بالخشب في بعض الأماكن للثقب كما يمكن أن يكون بقطعة  
واحدة أو متعدد القطع . بعد اخراج القطعة من القالب يتم ازالة  
الزوائد والعيوب بواسطة الورق الخشن الرطب .  
في الحقيقة هذه الطريقة تسمح بانتاج قطع متماثلة ورديئة وذلك حسب  
العناية المبذولة .  
القالب قد يحتاج أحياناً الى محاليل مساعدة لاجراج القطعة المنتجة مثل  
Alcool polyvinyle الذي يورث بواسطة فرد أحياناً وهذا يسهل عملية  
اجراج القطعة .

نسبة التسليح المثبة تختلف حسب المواصفات المطلوبة وحسب نوع مادة

التسليح .



الشكل ( ٨٧ )

- A - الرينزين .
- B - الالياف الزجاجية .
- C - البلاستيك المسلح .

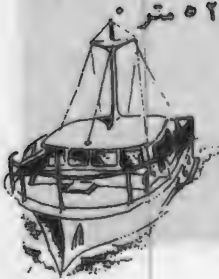
كما لاحظنا فان مبدأ هذه العملية بسيط ، هناك تعديلات وتحسينات كثيرة طرأت على هذه التقنية (سنراها فيما بعد ) .

مميزات هذه العملية هي البساطة في المعدات المطلوبة ولا تتطلب شروط خاصة ، وتسمح بانجاز تغيرات بالشكل للقطعة المنتجة بدون صعوبة ومعدات اضافية بسيطة . يمكن الانتاج بكميات متوسطة اذا توفر عدد كاف من القوالب وواسطة تسخين بمحم (فرن) حيث يسمح هذا بالاسراع بدورة البلمرة التي تأخذ وقت طويل بدرجة الحرارة العادية .

مساوي هذه العملية اعتمادها بالدرجة الأولى على العامل ومقدرته وبالتالي فالخواص قد تكون مختلفة قليلا بين المنتجات ، كما ان هناك امكانية كبيرة لوجود الفقاعات والانتفاخات والتجاعيد بالمنتجات .

التطبيقات : بهذه الطريقة يمكن انتاج :

- قوارب النزهات ، قوارب الصيد ، كواسح الغام بطول ٥٢ متر .
- صناديق سيارات الشحن ، غرف الهوائيات .
- مسابح كالملة مع اغطيتها ، الشكل ( ٨٨ ) .
- هياكل سيارات السباق وبعض السيارات الصغيرة .
- احواس وصهاريج للصناعات الكيماوية والغذائية .







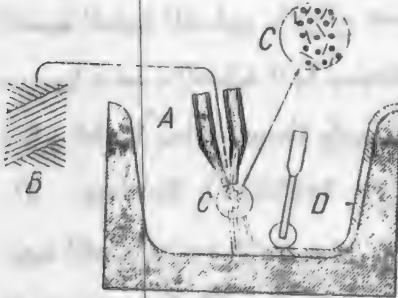
## ٢ - القولة بالقذف المتزامن للرينين والألياف الزجاجية المقطعة :

Moulage par projection simultanée de fils coupés et de Résine.

- مبدأ آلات القذف لمختلف النماذج هو واحد ، الشكل ( ٨٩ ) يبين
- القذف المتزامن من لألياف زجاجية مقطعة وللرينين على القالب
  - هذه العملية تلام إنتاج القطع ذات الأبعاد المتوسطة والكبيرة بكميات صغيرة ( ١ - ٥٠٠ ) قطعة ، وكميات متوسطة ( ٥٠٠ - ٥٠٠٠ قطع )
  - الطريقة ملائمة للأشكال البسيطة
- آلات القذف تتضمن العناصر التالية :

- ١ - مضخة غازية تحتص الرينين وتقوده نحو فرد ١ وفرد القذف
  - ٢ - مضخة توجه الكمية المطلوبة من محفز التفاعل السائل Catalyseur نحو فرد القذف ، عملية المزج بين الرينين والمحفز يتم في رأس الفرد
  - ٣ - أداة تقطيع الألياف الزجاجية
  - ٤ - مخزن يتضمن المذيب Solvant الذي يوزع من تنظيف رأس
- أوروس القذف
- مع هذه المعدات فهناك حاجة الى الهواء المضغوط طبعاً

الشكل ( ٨٩ )



- A - الرينين
- B - Roving (مادة التسليح)
- C - Roving (مادة التسليح)
- D - البلاستيك المسلح

تصنع القوالب بمعظم الأحيان من البلاستيك المسلح مع محلول مساعد لاختراق

القطعة وتستخدم نمونج من الخشب مثلا للقطعة المراد انتاجها . يجب أن يتأمن المجفف المطلوب لاتمام عملية الانها . للقطعة المنتجة . الألياف الزجاجية المقطعة والمقدوفة تأتي من آلة تقطيع تغذى بشكل مستمر من بكرات Méches de Roving . كما يمكن استخدام الأنسجة Tissu من أجل التسليح الجانبي وغالبا توضع هذه الطبقة من الخارج عند التصنيع .

العملية تتألف من نشر عدة طبقات بالتتالي من مزيج ال Polyester المتضمن قطع الألياف . عدد الطبقات المقدوفة يتغير بصورة رئيسية كتابع لسماكة القطعة المنتجة .

زمن عملية القولة Temps de moulage يتضمن مرحلة القذف ومرحلة الاضطراب Ebullage وهو تابع لعدد من العوامل أهمها : مهارة العامل وهذا يلعب دورا أساسيا ، أهمية الآلة ومدى مرونتها في الأداء ، أبعاد القطعة المنتجة .

بعد تعريض القطعة لدرجة حرارة  $60^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  في فرن يجب القيام بعملية قمر الزوائد ، وهذه العملية ضرورية لأنه لا يمكن انتاج قطعة لا تكون بحاجة لهذه العملية .

النسبة المئوية للتسليح بالزجاج تصل الى 25-30 % . من ميزات هذه العملية انها بسيطة وقوابها غير باهظة التكاليف . تستطيع انتاج قطع بأبعاد متوسطة وكبيرة وتطبيقاتها واسعة ، كما انها تستخدم ال Roving (Verre textile) وهو الأكثر رخصا .

نوعية القطع المنتجة ترتبط بدون شك بخبرة ودقة العاملين . خواص المواد المنتجة متوسطة ولكن يمكن تحسينها بصورة ملموسة بوصل طبقات ال tissu .

التطبيقات : هذه الطريقة تسمح بإنتاج :

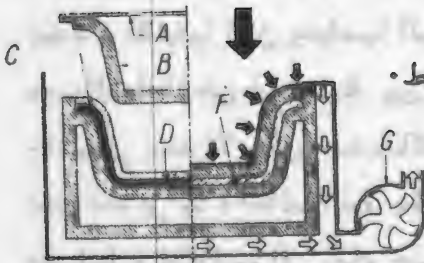
- ١ - أغذية بمساحات كبيرة .
- ٢ - قوارب بأبعاد صغيرة ( ٤ - ٥ متر ) .
- ٣ - علب لنقل السلع وللتخزين ، صناديق للأدوات والآجهزة الكبيرة .
- ٤ - معدات مختلفة للمعارض ومدن الملاهي ..... الخ .

٣ - القوالب بالفراغ أو بانخفاض الضغط (المهبط) :

Moulage sous vide ou par dépression :

المبدأ : يعتمد على تطبيق ضغط معادل للضغط الجوي ، يغلف جيب قابل للتشوه ( صفيحة رقيقة كاتشوكية من الأعلى ) موجود على مجموعة القالب وغطا . حيث منه يتم إخلاء الهواء ، الشكل ( ٩٠ ) . يصنع القالب من البلاستيك الصلب . إذا كان حرف غطا ، القالب مهيئ للسدد باحكام فان الجيب القابل للتشوه لا يعود ضروريا .

الشكل ( ٩٠ )



- A - صفيحة أو غشاء رقيق من المطاط .
- B - غطا ، القالب .
- C - الألياف الزجاجية .
- D - الوزن .
- F - البلاستيك الصلب .
- G - مضخة التخلية .

تستعمل هذه الطريقة لقوالب القطع بكميات صغيرة ومتوسطة ، وتسمح بالحصول على قطع ذات سطح متنازة على الوجهين . تعتمد الطريقة على استخدام

مضخة تفريغ للهوا ، على الجوانب وذلك تبعاً لابعاد القطع المراد انتاجها .  
تكون القوالب صلبة ، من البلاستيك المسلح ويمكن صنعها بنفس طريقة  
صناعة القوالب المستعملة للقلوبة بالتلاصق . يجب ان تكون القوالب  
صلبة لتجنب التشوه الناتج عن الضغط .

التسلح المستعمل يكون وفقاً لشكل القطعة المنتجة : Mat ، خيط مقطع ،  
خيط مستمر ، بشكل نسيجي Tissu .

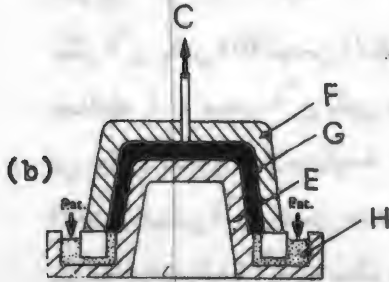
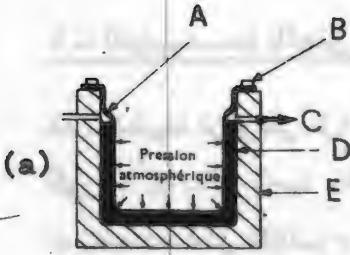
العملية : القالب يهيئ بشمع Cirée ويغطى بمادة تسهل  
اخراج القطعة . مادة التسلح توضع حيث يسكب الرزق اللازم فوقها ، ثم  
يوضع فوقها القالب المعاكس Contre-moule وتوضع ورقة من المطاط  
المرنة جداً تضغط بواسطة طوق حديدى مسطح حول المحيط يثبت بواسطة  
أربطة لتؤمّن السد المحكم . المضخة تبدأ العمل بالتفريغ ( التخلية ) ،  
وعند اتمام هذه العملية نعرض المجوعة للحرارة لتسارع بعملية البلمرة .  
القطعة المنتجة يجب ان تتظف من الزوائد .

هذه الطريقة تعطي منتجات خواصها الميكانيكية ماثلة تقريباً لمنتجات الآلات  
بنفس نسبة التسلح للألياف الزجاجية . من مميزات أنها تعطي سطح  
جيد ، تكاليفها أقل وخواصها الميكانيكية متوسطة .

يجب المحافظة على فرجة ثابتة بين القالب وغطاءه ، على الأقل وضع مقويات  
جانبية في بعض الأماكن حيث سماكة القطعة تكون كبيرة . هذه الأمور  
تحتّم دقة في بناء القالب الذى يمكن ان يكون صعباً ، وهذا ضرورى خاصة  
عند انتاج قطع كبيرة الأبعاد حيث يجب استخدام قوالب صلبة ودقيقة  
جداً . الشكل ( ٩١٠ ) يبين بعض الحالات المشابهة والتي تعصّل  
على نفس المبدأ .

التطبيقات : - قطع مختلفة للطائرات . - ألواح داخلية للعزل  
الحرارى في الشاحنات وبعض الاستعمالات الأخرى .

الشكل ( ١١ )



A - طبقة رقيقة من الكاوتشوك .

B - التثبيت .

C - الى مضخة التفريغ (التخلية) .

D - التنفيد .

E - القالب .

F - غطاء القالب ( القالب المعاكس ) .

G - مواد التسليح .

H - الرزین .

(a) - القولة بالتفريغ .

(b) - القولة بامتصاص الرزین .

مثال : المطلوب تصنيع واه للنقل بالأبعاد التالية ( الطول 500 mm ,

العرض 400 mm , العمق 150 mm ) .

السطح الكلي يكون حوالي :  $0,5 \text{ m}^2$

كلفة القالب بهذه الحالة يساوي تقريباً خمسة أضعاف كلفة القالب بالطريقة

الأولى ( القولة بالتلامس ) .

يستعمل التسليح بشكل طبقتين من الخيط الزجاجي المستمر Mat بمعدل

$450 \text{ gr/m}^2$  أي نحتاج الى 475 gr من مادة التسليح ( تم اعتبار ضياع بسيط من مادة التسليح ) .

هذه القطعة تحتاج الى 2300 gr من رزین ال Polyester أي

2775 gr من المواد الأولية . كتلة القطعة المنتجة 2200 gr . كمية

الانتاج بهذه الطريقة هي ( 5 - 6 ) قسطرة بالساعة . بالإضافة لذلك

فهناك كلفة المعدات الغير قليلة .

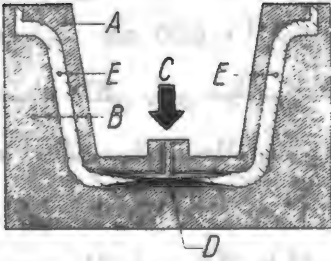
هل هذا اقتصادي اذا ما قورن بالطريقة الأولى لانتاج نفس القطعة ؟

#### ٤ - القولبة بالحقن للريزين : Moulage par injection de résine

هذه الطريقة تتركز على ملء تجويف القالب بالمادة البلاستيكية بعد أن تكون الألياف الزجاجية خاصة : Tissu , Mat , Fils coupés . قد وضعت داخل القالب ، الشكل ( ٩٢ ) . نسبة مادة التسليح تكون بحدود 20 - 25 % .

يمكن أن يكون القالب من البلاستيك المسلح (تستخدم عادة طريقة التلامس بصناعته) ، ويجب أن يكون صلب بشكل متنازليقاوم الضغط المتولد عن حقن المادة البلاستيكية . إذا كان القالب من الفولاذ أو الخلائط الخفيفة فيمكن أن يتحمل عدد كبير من الدورات الانتاجية . إغلاق القالب يتم بواسطة رافعة أو بواسطة رباط (لجام) أو وصلات شد .

الشكل ( ٩٢ )



- A - غطاء القالب .
- B - القالب .
- C - الريزين .
- D - مادة التسليح الزجاجية .
- E - البلاستيك المسلح .

حاليا هناك آلات للحقن مجهزة بكافة المعدات اللازمة ، وتقوم بالعمل بشكل اتوماتيكي سريع .

هذه الطريقة تسمح بالحصول على قطع بنسب ثابتة من زجاج التسليح ، بدون نقاعات هوائية واستهلاك المواد الأولية معروف بدقة . عملية الحقن تسمح بالحصول على الأشكال المعقدة ودقة كبيرة وهذا يعتمد بالدرجة الأولى على القالب ودقة صناعته . زمن الحقن سيكون تابع لابعاد وشكل القطعة المنتجة .

### التطبيقات :

- أهية وأحواض للنقل والتخزين .
- قطع مختلفة لهياكل السيارات .
- أغشية للاستعمالات الكهربائية .

مثال : واه للنقل أبعاد ماثلة لأبعاد المثال السابق ( ص ١٧٣ ) ،

تكاليف القالب وتواضع تعادل حوالي عشرة أضعاف تكاليف قوالب طريقة

التلاص . كمية الرزنيين ومادة التسليح نفسها للحالة السابقة .

عند استخدام قالب وغطاء من البلاستيك المسلح ، كمية الانتاج حوالي

( ٥ ) قطع خلال الساعتين الأولى ، ( ٣ ) قطع بالساعة بعد ذلك .

ضغط الحقن :  $( 0,1-0,2 \text{ MPa} ) = 1 - 2 \text{ bar}$  .

سرعة سير الرزنيين :  $0,5 \text{ m/min}$

ضغط الأغلاق يجب أن يوازي ضغط الحقن للرزنيين ، وتوزع القوى هذا

يعتمد بصورة أساسية على صلابة القالب .

إذا أردنا انتاج ( ١٠٠ ) قطعة من النوع المذكور ، ماهي المعطيات

الاقتصادية لهذه العملية الانتاجية بالمقارنة مع الطرق الأخرى ؟

### ٥ - القولية بالقوة الطاردة المركزية : Moulage par Centrifugation

هذه الطريقة مشتقة من الطرق المعروفة لقولية حديد الصب مثلاً والبيتون .

القولبة بهذه الطريقة تتم بإدخال مادة التسليح الزجاجية داخل قالب

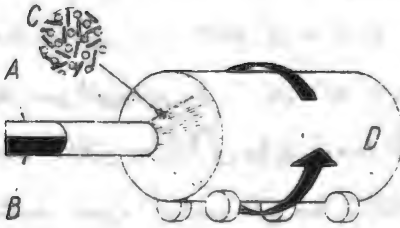
دوار ومن ثم إدخال الرزنيين البلاستيكي مع بعض الإضافات الضرورية اللازمة

لإنجاز عملية البلمرة بالمشاركة بسرعة . بعد ذلك نعطي القالب سرعة دوران

كافية بحيث يتم امتزاج وتحشيق جيد للرزنيين ولزجاج التسليح بتأثير



القوة الطاردة المركزية • بعد التصلب الكامل يتم اخراج القطعة •  
هذه الطريقة لا تناسب الا انتاج القطع الدائرية ذات السطح الداخلي  
الاسطواني ، مع ذلك بواسطة التقنية المتطورة فقد امكن الحصول على  
بعض التفاصيل والأشكال على القطعة المنتجة •  
المعدات المستخدمة كما بالشكل ( ١٣ ) هي في الحقيقة عبارة عن  
قالب • التجهيزات اللازمة للعملية هي مجموعة تخرق القالب لتوزيع  
الريزين وأحيانا زجاج التسليح ، وكذلك مجموعة للتسخين تكون عادة  
خارج القالب ومجموعة لتغير السرعة •



الشكل ( ١٣ )

- A - الرزین
- B - زجاج التسليح
- C - Roving مقطع
- D - القالب

يصنع القالب عادة من الفولاذ ودقة متناهية ويكون سطحه نام جدا صانف  
من قطعة واحدة أو عدة قطع وذلك حسب الشكل المراد انتاجه وامكانية  
اخراج القطعة • كما يجب أن يكون متوازن بشكل جيد لأن السرعات التي  
يدور بها عالية •

تبعاً لشكل القطعة المنتجة وللخواص المطلوبة يتم اختيار نوع ونموذج زجاج  
التسليح وخواصه ، غالبا ومعظم التطبيقات يستعمل ال Mat وذلك  
حتى قطر 600-800 mm ، للأقطار الكبيرة يستعمل ال Roving  
(بشكل خيوط مقطعة) • النسبة المثلى لمواد التسليح بحدود 30-50 %

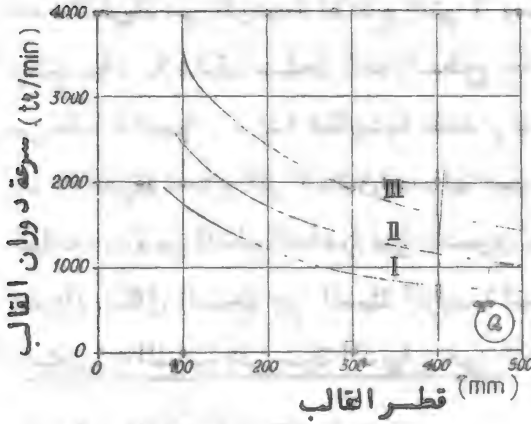


هذه الطريقة هي الوحيدة للإنتاج التي لا يستخدم بها غطاء للقالب وتتج مواد بلاستيكية مسلحة ناعمة السطح جدا وعلى الوجهين وخالية من فقاعات الهواء ، لذا فقاوتها للصد م عالية وكذلك للتآكل .  
هذه الطريقة تحتاج الى استثمارات مالية نسبيا مرتفعة ، ولكن تسمح بإنتاج كميات جيدة من القطع الجاهزة فورا للتسويق والاستخدام . ضيق مجال تنوع الأشكال المنتجة هي السبب الرئيسية لهذه الطريقة .  
المتغيرات المؤثرة على سرعة الدوران هي :

- ١ - قطر القطعة المنتجة .
  - ٢ - خواص مادة التسلح ، المرونة ومكانية الانتفاخ .
  - ٣ - خواص الريزين ، اللزوجة ومقدرة الانضغاط .
  - ٤ - النسبة المثلى لمادة التسلح الزجاجية .
  - ٥ - سماكة القطعة المنتجة وعدد طبقات مادة التسلح .
- الشكل ( ١٤ ) يبين تغيرات سرعة الدوران كناتج لقطر القالب عند نسبة مئوية ثابتة لمادة التسلح الزجاجية .
- الشكل ( ١٥ ) يبين تغيرات سرعة الدوران كناتج لنسبة مادة التسلح المثلى عند قطر ثابت .

#### التطبيقات :

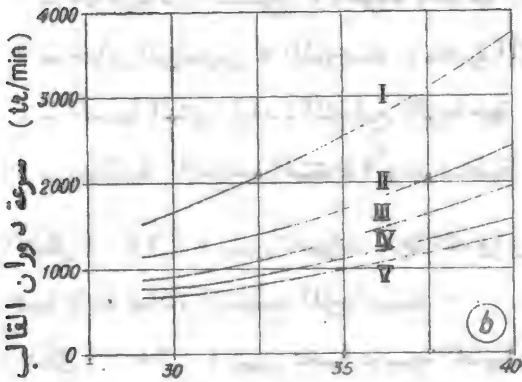
- الألياف والقساطل .
- أوعية لطمس الغلال والمحاصيل .
- معاصر للنبذ .
- أجسام الصواريخ ..... الخ .



الشكل ( ٩٤ )

النسبة المئوية لمادة التسليح  
الزجاجية :

- 30 % - I
- 35 % - II
- 40 % - III



الشكل ( ٩٥ )

قطر القالب :

- 100 mm - I
- 200 mm - II
- 300 mm - III
- 400 mm - IV
- 500 mm - V

% نسبة مادة التسليح المئوية بالكتلة

Moulage par enroulement

٦ - القولية باللف الخيطي :

filamentaire

وله نوعان : اللف المتقطع واللف المستمر .

Enroulement discontinu

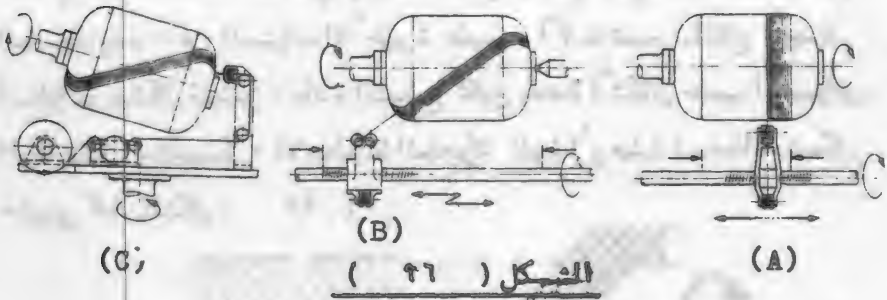
٦ - اللف المتقطع :

المبدأ : يعتمد على الخواص الممتازة لمقاومة الخيوط الزجاجية على الشد . وترتكز هذه العملية على لف خيوط زجاجية لمسافة عريضة حول

اسطوانة متحركة بشكل مستمر ويكون الخيط مشدود كثيرا ومعشق (مغطى) قبل ذلك برزين متصلب حراريا . تتوضع الطبقات دائما باتجاه قوة الشد وتستمر حتى السماكة المطلوبة . بعد انتهاء عملية البلورة تستبعد طبعا الاسطوانة من القطعة المنتجة . يستخدم أحيانا محم حراري "نجاز عملية البلورة بسرعة" .

تستخدم هذه العملية لانتاج القطع الاسطوانية الصغيرة والمتوسطة والكبيرة الحجم . الشكل ( ٩٦ ) يبين عملية القولية باللف الخيطي الغير مستمر ونلاحظ ثلاثة نماذج للملفات :

(A) : ملف دائري . (B) : ملف حلزوني (لولبي) . (C) : ملف كوكبي (قطبي) .



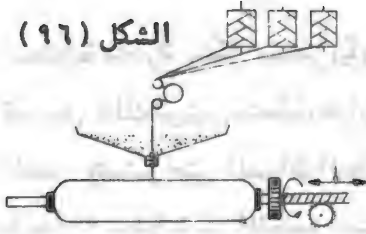
(A) - ملف دائري . (B) - ملف حلزوني . (C) - ملف كوكبي .

يجب تعميم سطح القطعة المنتجة قبل تسويقها ، وأحيانا تغلف بطبقة للتأكد من عدم نفاذيتها .

نسبة مواد التصلب الزجاجية قد تصل الى ( 80 - 70 % ) حيث يعطي منتجات ذات مقاومة نوعية مرتفعة جدا . استعمال مثل هذه المواد ذات الخواص النوعية الممتازة مخصص بصورة عامة للاستخدامات العسكرية وفي مجال الفضاء .

## التطبيقات :

الشكل (١٦)

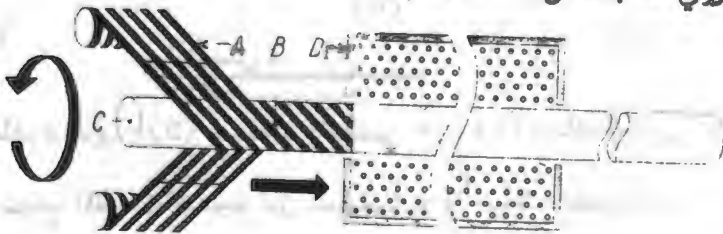


- صهاريج للنقل والتخزين .
- مخازن مطورة لحفظ الغلال والمحاصيل .
- أنابيب وأقنية .
- نماذج معينة من الرادوم ( قبة يحفظ فيها هوائي الرادار ) .
- خسزانات .
- أجسام الصواريخ .
- أنابيب سلاح البازوكا ( سلاح تطلق منه الصواريخ على الدبابات وغيرها ) .

Enroulement continu

## ب- اللولف المستمر :

نماذج الملفات المختلفة التي رأيناها تسمح بانتاج قطع مختلفة الحجم  
انما محدودة . في السنوات الأخيرة ظهرت آلات تسمح بانتاج أجسام  
اسطوانية وشكل مستمر . مادة التسليح تكون بعدة أشكال حسب الخواص  
الميكانيكية المطلوبة . الاسطوانة المتحركة (لينة أو صلبة) مغطاة بشكل  
حلزوني كما بالشكل ( ١٧ ) .



الشكل ( ١٧ )

- A - زجاج التسليح .
- B - زجاج التسليح المعشق مع الرينجن .
- C - الاسطوانة .
- D - محم (فرن) البلمرة .

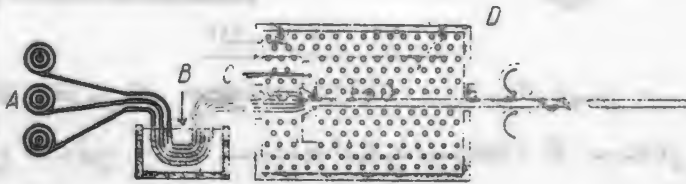
التطبيقات : أنابيب وأقنية ، أجسام اسطوانية لتصنيع الصهاريج والمخازن  
المطورة ..... الخ .

## ٧ - القويصة بالتغطيس :

هذه العملية تستعمل للانتاج المستمر للعناصر الاسطوانية والمقاطع المختلفة المصمتة أو المجوفة :

المبدأ : المجموعة كما بالشكل ( ٩٨ ) تتضمن مقاطع محددة بدقة • المقطع الأول يتغذى بملفات الـ Roving أو بأشرطة من الـ Mat وتتضمن حوض للتشبيق ( بين الرزين وزجاج التسليح ) • عند مخرج الحوض هناك مجموعة للعصر لا تترك على مادة التسليح سوى كمية محددة من الرزين وفق المطلوب ، وذلك يمكن ضبط النسبة المثوية للتسليح تماما • مجموعة الأشرطة تدخل بعد ذلك ضمن فتحة مستقيمة Filière rectiligne مسخنة ، طولها متغير • المادة تتبلمر ثم تسحب عند خروجها بواسطة آلة سحب وتقطع بالأطوال المطلوبة • بصورة عامة المنتج لا يحتاج لعمليات انهاء •

النسبة المثوية لمادة التسليح الزجاجية بحدود 25 - 60 % • المنتجات لها مواصفات ممتازة بالشدة والانحناء •



الشكل ( ٩٨ )

A - زجاج التسليح • B - الرزين • C - الفتحة  
D - منطقة البلمرة المسخنة •

التطبيقات : - سيقان للتثبيت والترسيخ •

- بروفيلات بمقاطع مختلفة •

- زوايا ( أ ) قنية زاوية ، دعائم زاوية ..... الخ •

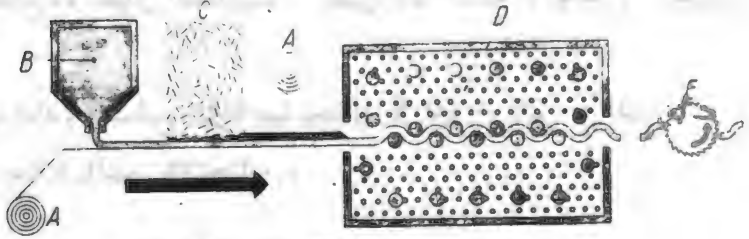
## ٨ - القلوبة المستمرة : Moulage en continu

الآلات المستخدمة للإنتاج بالقلوبة المستمرة تستعمل بالأصل لإنتاج الألواح المصقولة والبروفيلات المختلفة وترتكز على المبدأ التالي :

- تعشيق الألياف الزجاجية ( Mat , Fils coupés ) برينزين البوليمير الثابت بالضوء .

- حشو هذه المادة بين قشرتين رقيقتين من الـ Cellulosiques أو الـ Polyester .

- إمرار المنتج بصورة تدريجية بدورة من البلمرة حيث نحصل على المنتج النهائي الذي يخرج من المحم ( الفرن ) ليقطع بعد ذلك حسب الأبعاد المطلوبة كما بالشكل ( ٩٩ ) .



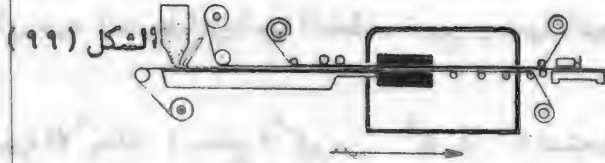
الشكل ( ٩٩ )

A - طبقة رقيقة من الـ Cellulosique • B - الرينزين •  
C - زجاج التسليح • D - منطقة البلمرة المسخنة • E - منشار •

المادة تمر بين دولابين للصقل قبل دخولها الفرن وذلك لتحديد السماكة المراد إنتاجها • قشرتي الـ Polyester والـ Cellulosiques تسترجع عند الخروج من الفرن وقبل التقطيع حيث تنظف وتستعمل لعدد من الدورات •

النسبة المثلى لمادة التسليح الزجاجية تكون بحدود ( 25 - 30 % ) •  
المادة الحاملة هذا التركيب تكون نصف شفافة ولكنه باللون الطبيعي أي

( ريزين بوليستير ) تنقل الضوء بنسبة قد تصل الى 85 %



الشكل (١١)

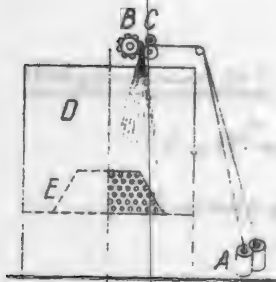
التطبيقات : هذه الطريقة من القولية تسمح بالانتاج الصناعي للالواح المصقولة بأطوال مختلفة أو بشكل بكرات أو بروفيلات مختلفة .

#### ١ - طريقة التشكيل المسبق : Préformage

تعتمد هذه الطريقة على توزيع أو قذف فوق دريئة مثقبة ( لها تمايا نفس شكل جوانب القالب ) سماكة معينة من الخيوط الزجاجية المقطعة المتجمعة بواسطة الريزين القابل للذوبان الذي غالبا ما يكون بمرحلتين :

- ١ - بشكل بودرة عند عملية التشكيل
- ٢ - بشكل مستحلب عند مرحلة الانتهاء . ليعطي سطح جيد ، كما يمكن استعمال خيوط زجاجية ناعمة وصغيرة جدا في هذه المرحلة لنفس السبب .

العملية كما بالشكل ( ١٠٠ ) تتضمن تقطيع الخيوط وتوزيعها على الدريئة مع الروابط المخصصة للصق بينها .



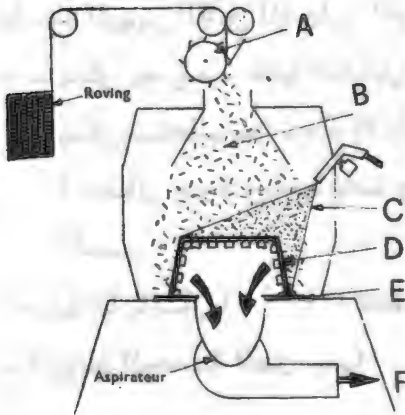
الشكل ( ١٠٠ )

- A - بكرات تحمل خيوط ال Roving
- B - آلة التقطيع
- C - بكرات سحب الخيوط الزجاجية
- D - غرفة التشكيل المسبق
- E - دريئة التشكيل المسبق

التسخين يتم بوضع الدريشة المشكلة مسبقا خلال عدة دقائق في محم أو بدرجة حرارة  $180^{\circ}\text{C} - 160^{\circ}\text{C}$  التي تؤمن التجفيف والبلسرة ، وذلك نحصل على التصاق جيد للخيوط الزجاجية المقطعة بين بعضها البعض أي تسليح متجانس .

للقطع الكبيرة الأبعاد ( سطح أكبر من  $4 \text{ m}^2$  ) تستعمل معدات أخرى وتدعى الطريقة بالتشكيل المسبق المفتوح *Préformage ouverte* حيث توزع الزجاج والبلاستيك يتم يدويا على دريشة دوارة ( يمكن استخدام آلات خاصة للقيام بهذا التوزيع ) .

هذه الطريقة تسمح بإنتاج القطع ذات العمق الكبير .  
الشكل ( ١٠١ ) يبين إمكانية استخدام مجموعة امتصاص للهوا وحامل دوار للإنتاج .



الشكل ( ١٠١ )

- A - أداة تقطيع خيوط الزجاج .
- B - زجاج مقطع .
- C - قذف مادة الحبل (رزين) .
- D - شبك .
- E - دعامة دوارة .
- F - خروج الهوا .

التطبيقات : من أهم تطبيقات هذه الطريقة :

- ١ - الأحواض بمختلف القياسات .
- ٢ - صناديق السيارات الشاحنة وما شابه ذلك .



١٠ - القولية بالضغط : Moulage par compression

لطريقة القولية هذه نوعان :

٦ - القولية على الآلة وعلى البارد : مبدأ هذه العملية هو التالي :

مادة التسليح الزجاجية تكون على شكل Mat, F.coupés, F.continu حيث توضع على الأداة الضاغطة للقالب (غطاء القالب) و يدخل القالب المصنوع غالبا من البلاستيك المسلح ، والريزين اللازم يوضع بلا تنظيم على مواد التسليح . القالب يثبت على صفائح آلة هيدروليكية تستطيع أن توفر ضغط 2-5 bar . سرعة حركة الاغلاق بالآلة يجب أن تكون قابلة للتنظيم والضغط Réglable .

اغلاق الآلة يتم بزمين : السرعة الأولى ( سرعة التقريب ) 2-5 m/min تسمح بانجاز الشوط بسرعة ، السرعة الثانية 1-30 cm/min تسمح بقيادة القالب بحيث لا يلاص المادة الغير مبلعمة .

زيادة الضغط يجب أن تؤمن التوزيع الجيد للريزين في الحجم ما بين القالب وغطاءه وكذلك طرد الهواء المحصور مع تجنب ضياع الريزين بواسطة الاغلاق السريع الاكثر من اللازم .

نسبة مواد التسليح بحدود 20 - 40 % . سطح المنتجات بهذه الطريقة تكون ناعمة على الوجهين . هذه الطريقة صالحة لانتاج الكميات المتوسطة . يمكن استخدام القالب لانتاج حوالي ( ١٥٠٠ ) قطعة .

التطبيقات : ١ - أحواض وأوعية مختلفة .

٢ - علب كهربائية ٠٠٠٠٠٠٠ الخ .

ب - القولية على آلة وعلى الساخن : Moulage à la presse à chaud

هذه التقنية تسمح بانتاج قطع بكميات كبيرة ومتوسطة (غالبا أكثر من 100000 قطعة) ،

بواسطة آلة هيدروليكية وقوالب معدنية مسخنة • يوضع كل من مادة التسليح والريزين بين القالب وغطاء المثبت على صفائح الآلة • بعد الإغلاق واتمام دورة البلمرة ، القطعة المنتجة تكون ذات سطحين ناعمين • هذه العملية تستعمل لانتاج قطع ذات أبعاد صغيرة ومتوسطة ، مثلاً عند ما يكون السطح الكلي  $3 \text{ m}^2$  فصائح الآلة يجب أن تكون أبعادها بحدود  $2000 \times 2000 \text{ mm}$  .

تصنع القوالب من الفولاذ ذو السطح الناعم جداً والمغطى بطبقة من الكروم الصلب • تثبت القوالب على صفائح الآلة الهيدروليكية حيث تتعرض لضغط  $10 - 30 \text{ bar}$  .

العملية تتم بثلاثة أزمنة : السرعة الأولى هي سرعة التقريب وتكون بحدود  $6-8 \text{ m/min}$  والثانية هي سرعة الدنو (الاقتراب البطيء) وهي بحدود  $5-30 \text{ cm/min}$  حيث تسمح بجلب الصفيحة العلوية بملاسة المادة الغير مبلمرة ( يمكن الاستعانة ببحث الآلات - البحث الرابع ) ، أما الزمن الأخير فهو زمن ارتفاع الضغط والذي يجب أن يؤمن توزيع الريزين بشكل جيد في الحجم ما بين القالب وغطاء وطرود الهواء المحصور مع تجنب أي ضياع بالريزين من جراء الإغلاق السريع جداً .

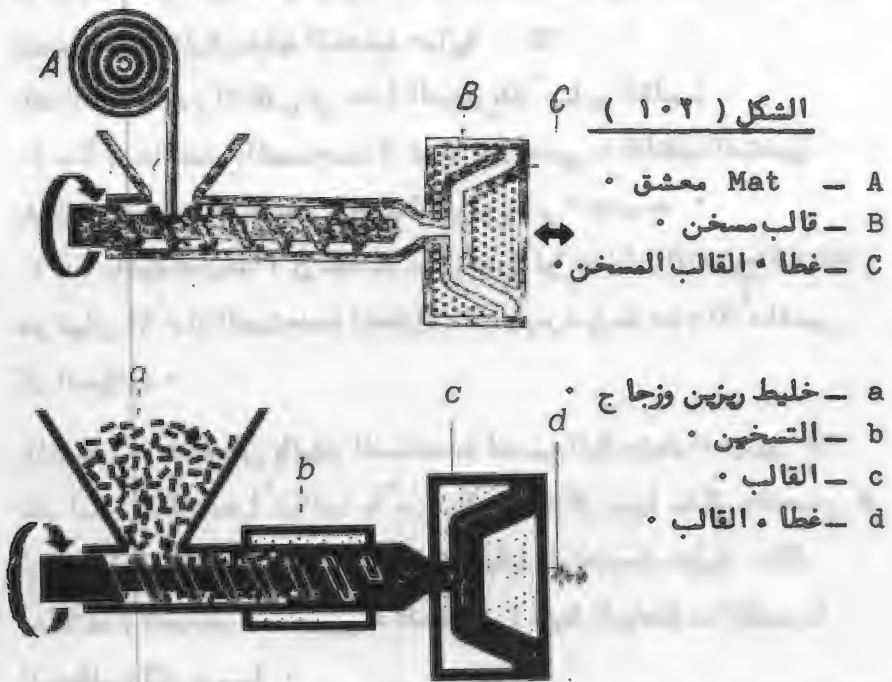
المحافظة على الضغط والتسخين للقالب يؤمنان بواسطة الآلة كهربائية أو بواسطة جريان السائل وهذا يسمح بعملية البلمرة • زمن القولة الكلي هو  $2-3 \text{ min}$  أي كمية الانتاج بالساعة الواحدة  $20 - 30$  قطعة • يجب ازالة الزوائد عن القطعة المنتجة • نسبة مواد التسليح الزجاجة بحدود  $30 - 40 \%$  .

#### التطبيقات :

- انتاج قطع مختلفة للسيارات الصغيرة والشاحنة • قطع صناعية مختلفة • كثير من القطع المخصصة للاستعمالات الكهربائية والعزل •

# ١١ - القولة بحقن الزجاج والرزين المتعشقين :

هذه الطريقة لا زالت قليلة الاستعمال وهي قريبة من طريقة التحويل (التي رأيناها سابقا) . ترتكز على حقن البلاستيك ومواد التصليح داخل قالب مصنوع من الفولاذ كما بالشكل ( ١٠٢ ) . اسطوانة الحقن تتغذى بشكل اتوماتيكي بالمواد على شكل خليط<sup>١</sup> وعلى شكل بكرة .



ضغط القولة يكون ١٠٠ bar ودرجة حرارة القالب  $140^{\circ}C - 160^{\circ}C$  .

هذه الطريق جيدة للانتاج بكميات كبيرة وحتى 60 قطعة بالساعة . القطع المنتجة تكون صغيرة الابعاد  $10 \times 10$  cm وسماكة نسبيا مرتفعة 4-6 mm ومخصصة غالبا للاستعمالات الكهربائية .

## البحث الرابع

### آلات انتاج وتصنيع المواد البلاستيكية

في هذا البحث سنكتفي بالحديث عن آلات التصنيع المستخدمة في الحقن والبثق لمواد البلاستيك الحراري TP وهي الأكثر شيوعا واستعمالا وذلك باعطاء فكرة مبسطة عن مبدأ هذه الآلات من حيث الأجزاء المكونة ووظائفها وخواصها ، كما سنبحث في الآلات المستخدمة لتصنيع المواد البلاستيكية المتصلبة حراريا TD .

لقد أوجزنا قدر الامكان في هذا الموضوع للأسباب التالية :

١ - آلات التصنيع المستخدمة لا تعد ولا تحصى ، فالتقنية المتطورة

بشكل سريع في هذا المجال تعطينا كل يوم شيئا جديدا .

٢ - مانهدفه بعد أن تحدثنا عن بعض أنواع عمليات التصنيع المختلفة

هو تبيان الأداة المستخدمة لتحقيق ذلك وليس دراسة هذه الأداة من

كل الجوانب .

بالنسبة لآلات الحقن والبثق المستخدمة لتصنيع البلاستيك الحراري TP

فقد استعرضنا بعض أشكالها وأجزائها وظيفتها كل منها بشكل مختصر ،

ثم انتقلنا الى آلات تصنيع المواد البلاستيكية المتصلبة حراريا TD

بحالات ( الضغط ، التحول ، الحقن ) فبيننا المواصفات التقنية

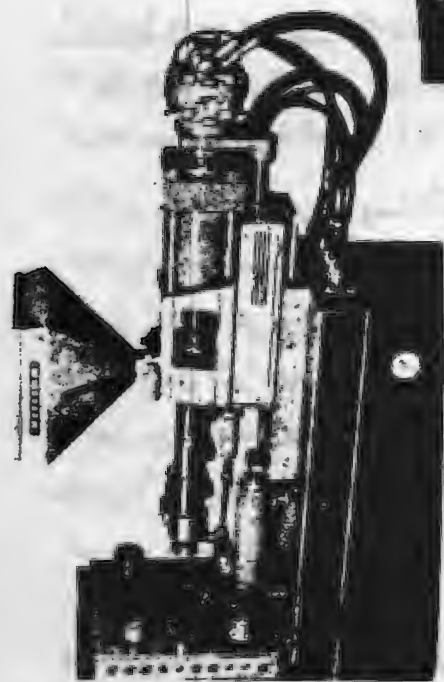
المختلفة لكل منها .

هنا لا بد من الإشارة الى أن هناك تماثل الى حد ما من حيث المبدأ

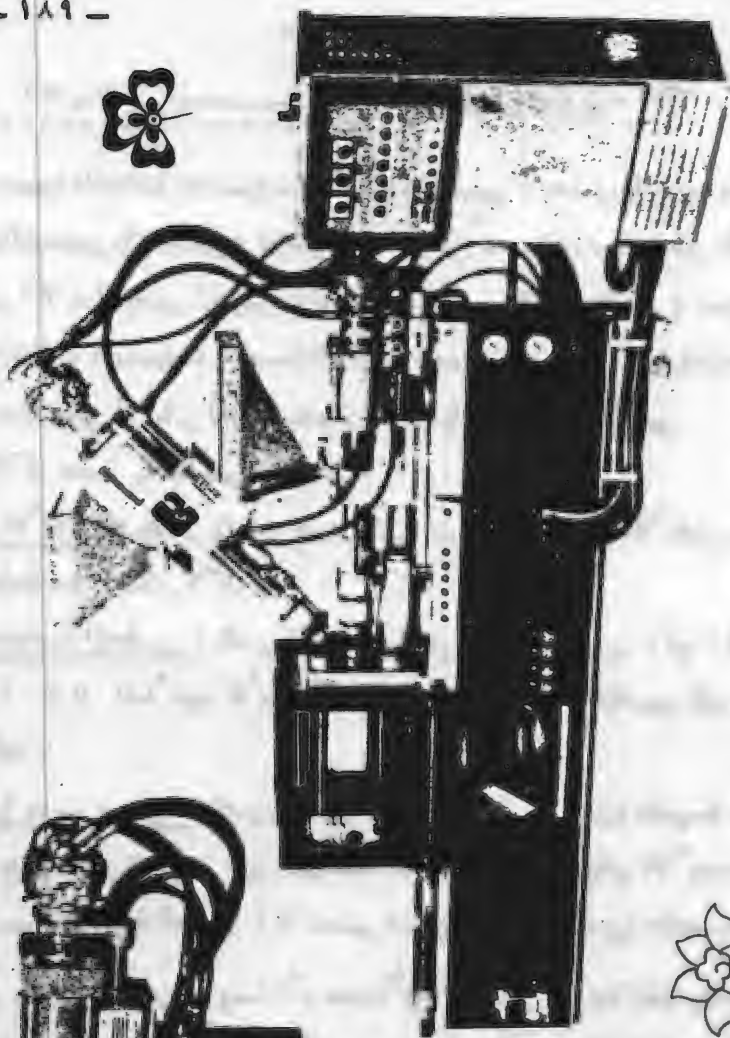
والمواصفات لآلات الحقن في حالتها البلاستيك الحراري والبلاستيك

المتصلب حراريا ، حيث أن المادة البلاستيكية المصنعة والخواص المطلوبة

من المنتجات تحدد بعض التعديلات الضرورية على هذه الآلات .



مجموعة الحقن لآلة حقن  
البلاستيك الحراري



آلة حقن أفقية لمواد البلاستيك الحراري وتحتوي على لولبين .  
تستخدم لإنتاج الزهور بلونين غامقين وبلونين لسطح مزدوج .



١ - آلات الحقن : ( البلاستيك الحرارى TP ) :

وتشمل مجموعة للتغذية وتجهيزات للتدخين وللحقن ، تغذى بالحببيات ،  
تسمح بالتسخين والتجانس ، تؤمن عملية التحول تحت الضغط داخل القالب .  
كما تشمل آلات الحقن تجهيزات الأغلاق للقالب خلال الحقن ، تسمح بفتح  
وأغلاق القالب ، مجموعة خاصة لقذف القطعة المنتجة ejection ،  
تجهيزات لدواعي الأمان نظرا لسخونة القالب وللغذية والتدخين .  
خواص الآلة تحدد بالمقاييس التالية :

١- قوة الأغلاق : وتقدر بالطن حيث يمكن أن تصل لعشرات الأطنان لآلة  
صغيرة ولمئات الأطنان لآلة كبيرة .

٢- استطاعة الحقن : تقدر بالحجم / سم<sup>٣</sup> / أو بالوزن / كغ / للبولي  
ستيرن ( P.S ) المأخوذ كأساس للقياس ، واستطاعة التدخين تقدر بـ  
كغ / ساعة .

٣- دورة بدون حمل : وتقدر بـ ضربة / دقيقة ، وهي دورة نظرية ،  
الدورة مع الحمل تعتمد على طبيعة المادة المستعملة وعلى الأبعاد  
الهندسية للقطعة المنتجة ( لا نعتبر هنا زمن التبريد بصورة خاصة ) .  
الآلات يمكن أن تكون يدوية أو نصف أوتوماتيكية أو أوتوماتيكية وهو  
الشائع استخدامه في الوقت الحاضر . يجب أن يلاحظ بالآلة قدرتها على  
تحمل القوى التي يمكن أن تصل لعشرات ومئات الأطنان حسب نوع الآلة .  
لذا يستعمل كثيرا عمودين أو أربعة متصلة بعفائح صلبة بشكل لجاف  
( وصل مع المحافظة على مسافة ثابتة ) .

يمكن أن ترتبط مجموعات الحقن والأغلاق بعدة طرق كما بالشكل ( ١٠٢ ) :

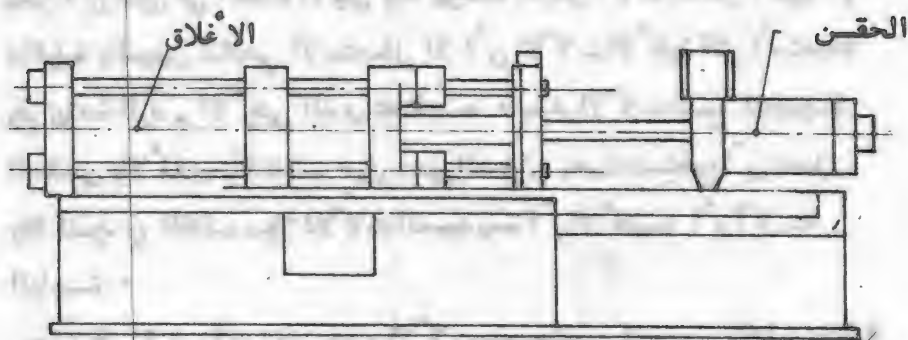
١- محور مجموعة الحقن متحد مع محور مجموعة الأغلاق وموذى على  
الصفايح .

٢- محور مجموعة الحقن موازى لعفائح الآلة وهذه تدعى آلة الزاوية .

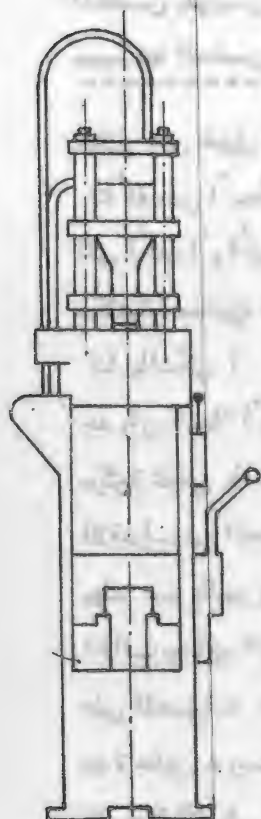
الشكل ( ٠.٣ )

- ١٩١ -

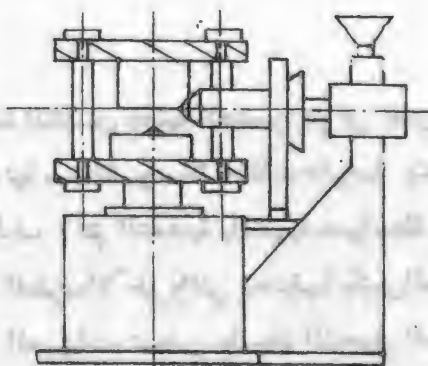
التغذية



- آلة حقن افقية -

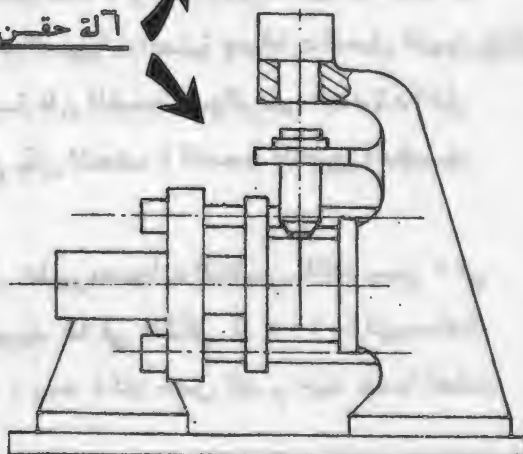


- آلة حقن شاقولية -



- حقن افقي + اغلاق شاقولي -

آلة حقن مزاجية



- حقن شاقولي + اغلاق افقي -



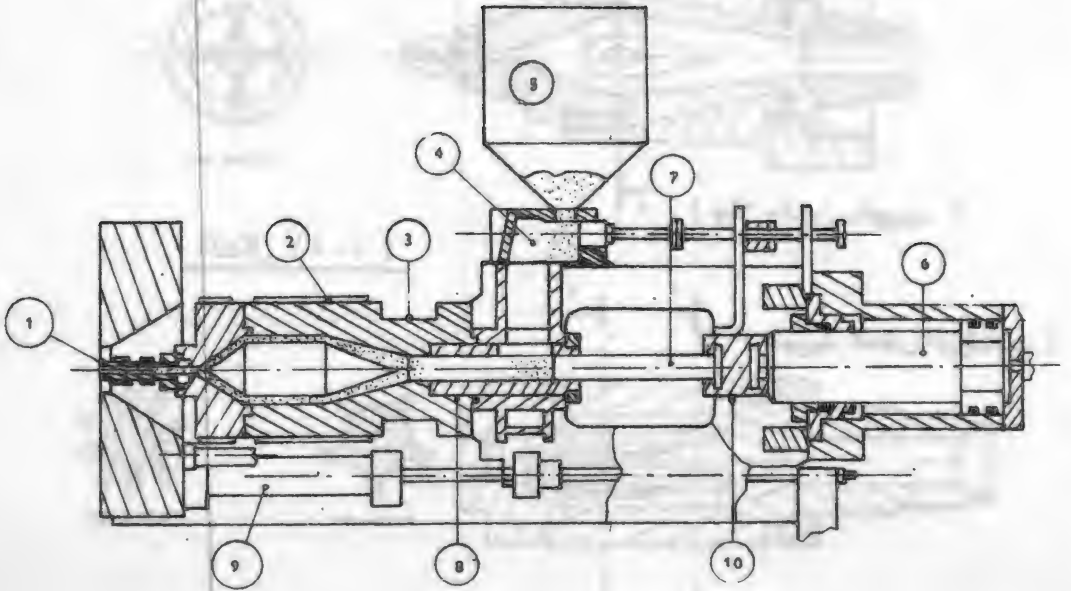
يمكن أن تكون في الحالة الأولى وكما يوضحه الشكل آلات الحقن أفقية أو شاقولية والنوعين شائعي الاستعمال إلا أن الآلات الأفقية أكثر استعمالاً رغم زيادة الردم الأرضي الذي تحتاجه . بعض الآلات تسمح لمجموعة الحقن والأغلاق بالانقلاب حول محور الدوران بحيث تستطيع أن تعمل وفقاً لنموذج القالب سواء للآلات العمودية أو الأفقية والآلات الزاحمة .

بصورة عامة ، يمكن تزويد هذه الآلات بمجموعتين للحقن للقيام بعملية الحقن بلونين .  
مجموعة الحقن :  
.....

خلال زمن طويل كانت عملية التلدين لعملية الحقن تتم في نفس المجموعة التي تتألف من أسطوانة معدنية مسخنة بواسطة حلقات خارجية وتنتهي بالطرف إلى أنفاً وأنبهة للقذف . تتم التغذية بالحببيات بواسطة مجموعة ميكانيكية معايرة تتوضع في الطرف الآخر والتي يخرقها مكبس الحقن كما بالشكل ( ١٠٤ ) . الحببيات تسخن بواسطة التوصيل الحراري من جدران الوعاء والأسطوانة ( ٣ ) التي يوجد بداخلها قطعة معدنية مركزية تدعى بالطوربيد ( Torpille ) وذلك لقصر الحببيات المائعة للاقتراب من الجدران . احتكاك الحببيات الصلبة وضغوطات الحمل الهيدروليكي يولد ضياع كبير بالقدرة والنتيجة فإن الضغط المؤثر على المادة داخل القالب يساوي إلى ثلثي ( ان لم يكن النصف ) الضغط النظري المطبق على الحببيات .

عدة حلول درست بنجاح لأجل تطهير مجموعات الحقن التلدة من . في المرحلة الأولى تم تحسين الطوربيد كما في الشكل ( ١٠٥ ) لزيادة فعاليته ولتقليل الضياع المتولد ؛ بعد ذلك حصل تقدم جيد عندما فصلت

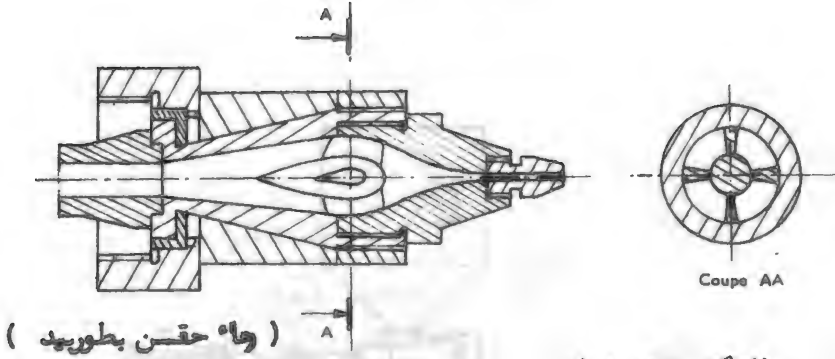




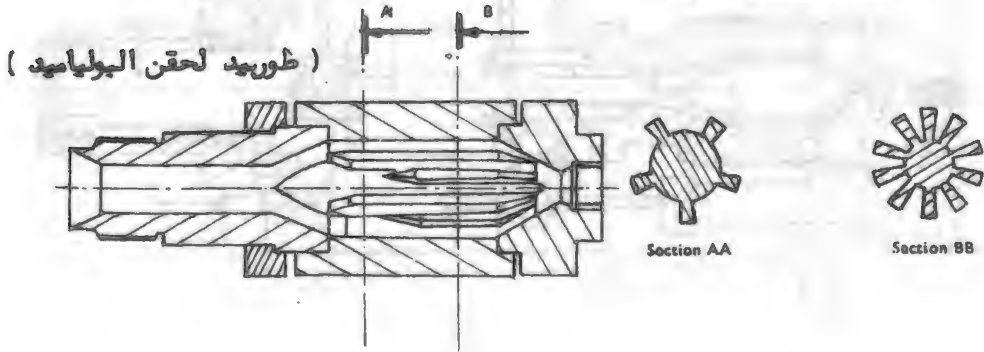
الشكل ( ١٠٤ )

آلة بوا - مجموعة كتلة الحقن

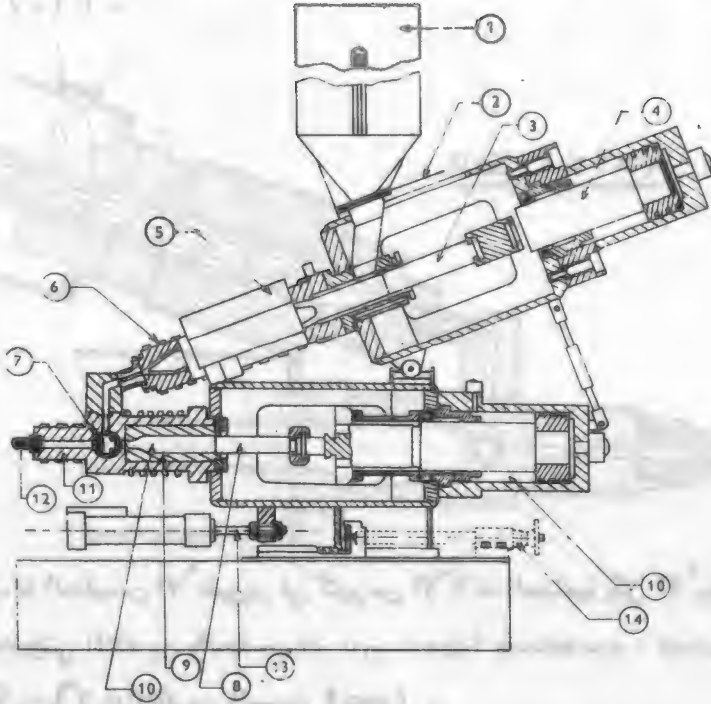
- |                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| ١ - رافعة الحقن           | ١ - اسطوانة الحقن |
| ٢ - مكبس الحقن            | ٢ - تسخين         |
| ٣ - قيس الحقن             | ٣ - رافعة الحقن   |
| ٤ - رافعة لانقال المجموعة | ٤ - مزيج          |
| ٥ - قارنة وصل             | ٥ - قمع           |



الشكل ( ١٠٥ )



مجموعة التلدين عن مجموعة الحقن ، وفي هذه الحالة فان أسطوانة  
تحتوي طوريد يسمح بتلدين المادة البلاستيكية ويقوم بعد ذلك بتغذية  
مجموعة مكبس وأسطوانة والتي تحقن المادة المائعة داخل القالب الشكل  
( ١٠٦ ) ، وفي هذه الحالة فان الاحتكاك والضياح يتناقصان بصورة  
جيدة خلال عملية الحقن ، غير أن الأسطوانة مع الطورييد المستعمله  
للتلدين هما كذلك مبادل سيء للحرارة .  
في الحقيقة أن مشكلة تسخين البلاستيك نجدها في كل حالات الإنتاج  
لأن هذه المواد لها عازلية جيدة ولأنها بصورة عامة تدخل في آلات  
التحويل المختلفة بشكل دفعات متقطعة من الحبيبات .



الشكل ( ١٠٦ )

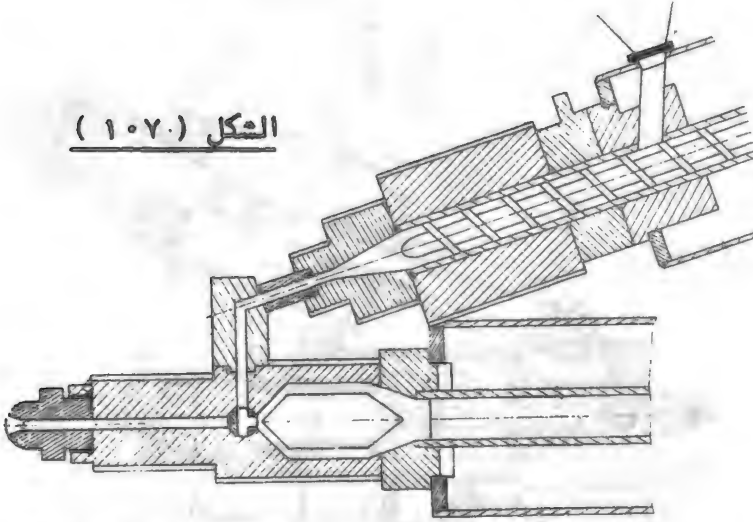
آلة حقن لمواد البلاستيك الحراري

ذات مجموعة تلددين منفصلة

- |                                   |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| ١- قمع                            | ٨- مكبس الحقن                   |
| ٢- مسجل                           | ٩- قمع غرفة الحقن               |
| ٣- مكبس التلددين المسبق           | ١٠- غرفة الحقن                  |
| ٤- رافع التلددين المسبق           | ١١- حامل الاسطوانة              |
| ٥- غرفة التلددين المسبق           | ١٢- الاسطوانة                   |
| ٦- حلقات التسخين                  | ١٣- مكبس اغلاق الاسطوانة        |
| ٧- صام بثلاث فتحات لتنظيم الجريان | ١٤- مجموعة قطع الاعقاب (الجزرة) |

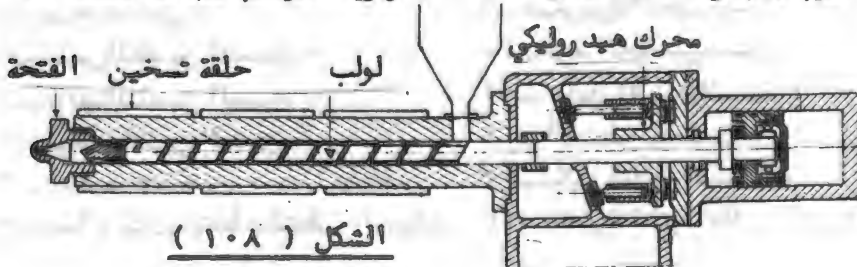
هناك تطور كبير تم بالنسبة لما تقدم وذلك عندما استبدلت مجموعة التلدين بطوربيد بجسم باثق يتضمن لولب وفذى أسطوانة الحقن كما فنى الشكل ( ١٠٧ ) .

الشكل ( ١٠٧ )



يمكن معادفة الحليين الأخيرين في كثير من الآلات الصناعية وكل الأوضاع بالنسبة لمجموعتي التلدين والحقن قد درست جيدا. وأستخدمت تدعى هذه الآلات بالآلات التلدين المسبق (xxx) .

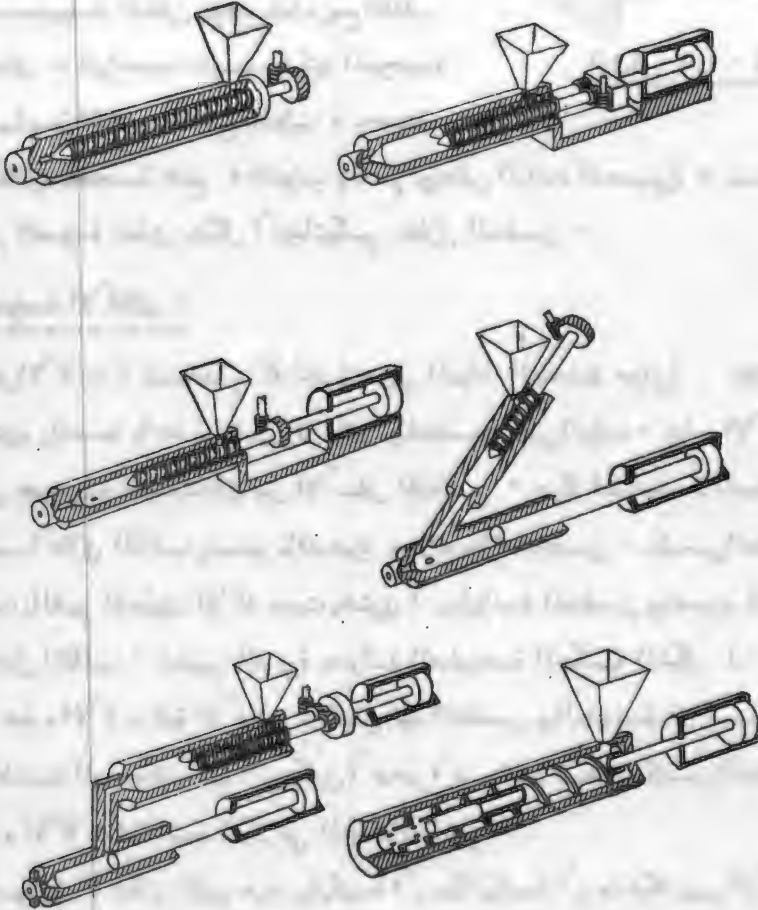
تطورت مجموعة الحقن بعد ذلك بحيث تم استعمال جسم باثق حيث اللولب يكون متحرك دورانيا لتلدين الحبيبات ولا داعي لانتقاله لطرد المادة المائعة والمتجانسة داخل القالب ، الشكل ( ١٠٨ ) بحيث تزود الفتحة أو أنبوب بجهاز للاغلاق الشكل ( ١٠٩ ) وزود اللولب بنهايته بسدادة

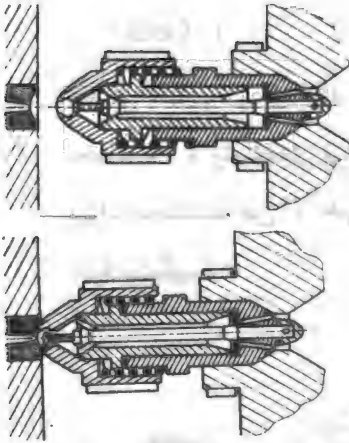


الشكل ( ١٠٨ )

(xxx):

الشكل التالي يمثل نماذج مختلفة للولب التلدين المسبق وبأوضاع مختلفة ، وتعمل في عمليات حقن القوالب حيث كل منها له ميزات مختلفة عن الآخر غالباً يناسب أنواع معينة من المواد البلاستيكية :





الشكل ( ١٠٩ )

عدم عودة لمنع المادة من الجريان بالأتجاه

المعكس داخل تجهف اللولب .

عملية الحقن تتم بالشكل التالي :

١- اللولب يدور والمادة تنتقل لمقدمة

الباقى خلال تراجع اللولب ، حتى يتم

تخزين الكمية المطلوبة للقالب بمقدمة

اللولب .

٢- مجموعة الحقن توضع بتناسع مع القالب

المغلق ، الرافعة الهيدروليكية الموجودة

بالنهاية الثانية تدفع اللولب ، مجموعة

الأتغلاق للفتحة تفتح ، اللولب يتقدم وحقن المادة المعصورة ، سدادة

عدم العودة تغلق بشكل أتوماتيكي خلال الحقن .

مجموعة الأغلاق :

بعض الآلات ( تستخدم كذلك لتحويل المواد المتصلبة حراريا TD )

تحتوى رافعة واحدة تؤمن الأغلاق والحقن بنفس الوقت . هذه الآلات

تكون عمودية حيث تغلق من الأأسفل للأعلى . حركة الصفيحة السفلية

تسبب أغلاق القالب وتستمر بالصعود مع رفع واء الحقن . مكبس الحقن

يثبت بالقسم العلوى للآلة حيث يخترق أسطوانة الحقن ويطرد المادة

داخل القالب . تنتهى الدورة بحركة الصفيحة المعكسة الشكل ( ١١٠ ) .

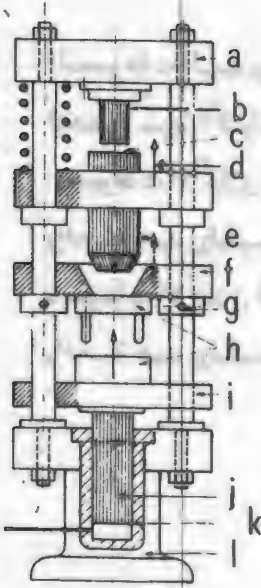
فى هذه الآلات قوة الأغلاق تعادل قوة الحقن والنتيجة فان سطح

القطعة المحقونة يجب أن يكون أصغراً ومسارى لسطح مكبس الحقن .

هذه الآلات شائعة قليلا فى الوقت الحاضر .

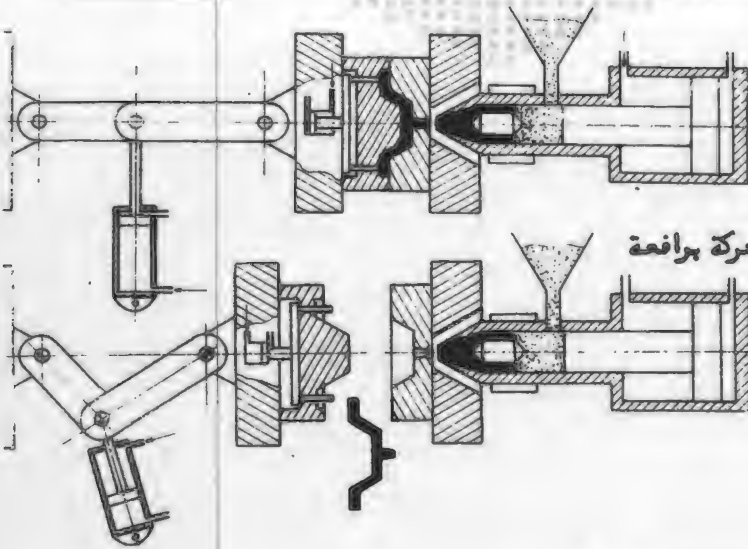
مجموعة الأغلاق تكون هيدروليكية أو ميكانيكية أو مشتركة بين الأثنين .

الشكل ( ١١٠ ) آلة شاقولية :



- a - دعامة عرضية لمكبس الحقن
- b - مكبس الحقن ( ثابت )
- c - العمادة
- d - القمع
- e - وعاء الحقن
- f - صفيحة
- g - عمادة
- h - قالب
- i - صفيحة متحركة
- j - مكبس
- k - اسطوانة
- l - قاعدة

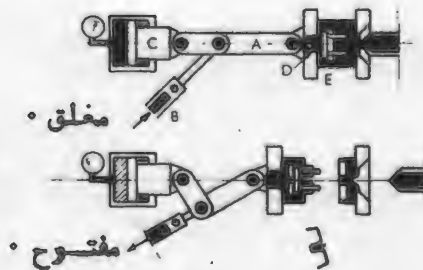
الشكل ( ١١١ )



مجموعة ميكانيكية  
للاغلاق (مفاصل متحركة برافعة  
هيدروليكية )

الشكل ( ١١٢ )

مجموعة اغلاق مشتركة : نظام  
تقريب بمفاصل وثبت برافعة  
هيدروليكية



- المجموعات الهيدروليكية تعمل بنعومة ولا تحتاج لتعبير وتستخدم  
لتعطي سرعة اقتراب كبيرة وأغلاق بطيء .  
مجموعات الأغلاق الميكانيكية تتألف غالبا من تركيبة مفصلية تتحرك بواسطة  
رافعة هيدروليكية الشكل ( ١١١ ) .  
مجموعات الأغلاق المشتركة تحتوى مفاصل متحركة للتقريب وثبت بواسطة  
رافعة هيدروليكية الشكل ( ١١٢ ) .





## ٢ - الآلات والمعدات المستخدمة لعملية البثق : ( البلاستيك الحرارى ) :

٦-١ آلات البثق : تتميز آلات البثق بالمجموعات المستخدمة لتأمين المزج والتحويل للمادة المبثوقة . هناك آلات أحادية ، ثنائية أو ثلاثية اللولب . بالإضافة لذلك فقد استخدمت آلات بثق بمصنعات . آلات البثق بلولب تكون غالبا أفقية ولكن هناك آلات عمودية وآلات ذات طوابق .

### ١- آلات بثق أحادية اللولب :

معظم هذا النوع من الآلات يتضمن عناصر تسخين كهربائية أو جريان زيت يلعب دورا أساسيا في التلدين الحرارى للحبيبات . في بعض آلات البثق العاملة بمبدأ العزل الحرارى فان الحرارة الضرورية للتلم *gélification* تنتج فقط الاحتكاك وهذه الآلات نادرة .  
تحدد خواص آلة البثق الأحادية اللولب بالعديد من العوامل من أهمها قطر اللولب ( D ) بطوله الذى يعطى بدلالة قطره . قطر لولب الآلات الحالية يتراوح بين ٢٠-٢٥٠ م وطولها يتراوح بين ( ١٥-٣٥ × القطر )  
التطور الحديث بمجال آلات البثق الأحادية اللولب يتعلق بطول وتصميم اللولب وكذلك بسرعة دورانه الذى ازداد ، وسنأتي فيما بعد على دراسة أكثر تفصيلا لهذه الآلات الأحادية الأكثر انتشارا .

### ٢- آلات بثق بلولبيين :

هذه الآلات تستطيع ، بعكس الآلات الأحادية ، تصنيع جميع المواد بنموذج واحد للولب . العمل الطبيعي في كل آلات البثق يولد قوى محورية كبيرة على اللولب ، فتتحمل المصادم ( الكتوف ) ذات الملفات الكبيرة هذه القوى . من الصعب وضع المصادم بمكانها في آلات البثق المتعددة اللولب ، حلت هذه المشكلة بشكل مرضي وذلك باستعمال مصادم على شكل طوابق أو مزاحة بشكل منسجج مع عدد المحاذاة المحورى الطفيف .

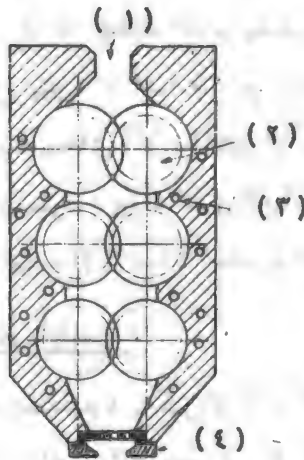
اللولب تدور بنفس الاتجاه أو باتجاه معاكس تبعاً لماركة آلة البثق . هذه الآلات أقل صلاحية بصورة عامة لكن قدرتها على التلدين أكبر من الآلات الأحادية اللولب .

### ٣- آلات البثق الثلاثية أو الرباعية اللولب :

هذه الآلات أنتجت وسوقت تجارياً إلا أنها قليلة الانتشار في الوقت الحاضر .

### ٤- آلات بثق مسننة :

في الحقيقة أن هذه الآلات مهيئة لتعمل كخلاط أكثر من عملها كنتاج للهروفيلات وهي مكونة من عدة سلاسل من المسننات الحلزونية تتوضع شاقولياً داخل جسم كتف مسخن بواسطة جريان زيت . الآلة تتغذى من القسم العلوي ، فتدخل بواسطة السلسلة الأولى من المسننات وتحمل بالتتابع بواسطة السلاسل الأخرى حتى



المصفاة الواقعة بالجزء السفلي للجسم . نسبة الضغط تعتمد على علاقة خطوة الجريدة المسننة ، الخطوة التي تتقاطع بين المدخل والمخرج ، الشكل ( ١١٣ ) .

### ٥- آلة بثق شاقولية :

في معظم آلات البثق التي رأيناها سابقاً كان اللولب وفلافه أفقيين .

عندما تستخدم هذه الآلات لصناعة شريط بواسطة البثق فالنفخ فيفضل بصورة عامة وضع الركيزة

الشكل ( ١١٣ )

- ١- تغذية الآلة .
- ٢- مسننات .
- ٣- تسخين بواسطة جريان الزيت .
- ٤- المخرج .

شاقوليا ، ويجب وصل المخرج بآلة البثق بواسطة رأس بزاوية قائمة مع كل المساوي ، الناتجة عن تغيير اتجاه جريان المادة المصهورة . آلة البثق العمودية تشغل مساحة أقل على الأرض .

#### ٦- آلات البثق ذات الطوابق : ( الشكل ١١٤ ) :

من أجل زيادة طول الجزء الملدن فقد تم انتاج آلات بثق أحادية اللولب تدعى ( L ) ، تتألف من جسم شاقولي للبثق يغذى من الأعلى بواسطة

قمع ويتصل من الأسفل بجسم آخر متعامد عليه كما بالشكل ( ١١٥ ) .

هناك أيضا آلة بثق باللولب مزدوج

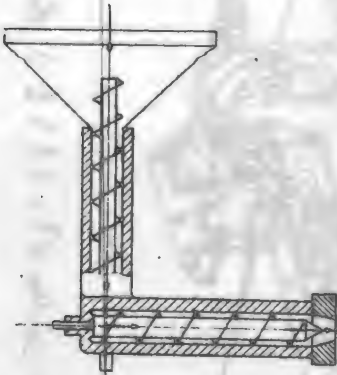
حيث يكون الطابقين متوازيين وفوق

بعضهما كما بالشكل ( ١١٦ ) .

#### الشكل ( ١١٥ )

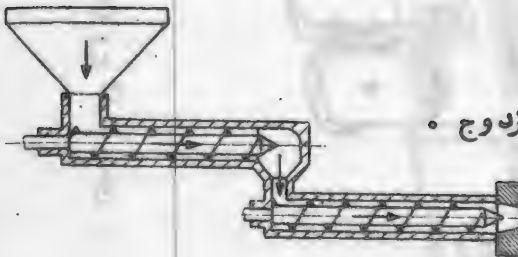
آلة بثق ذات طوابق ، لولب

على شكل L .



#### الشكل ( ١١٦ )

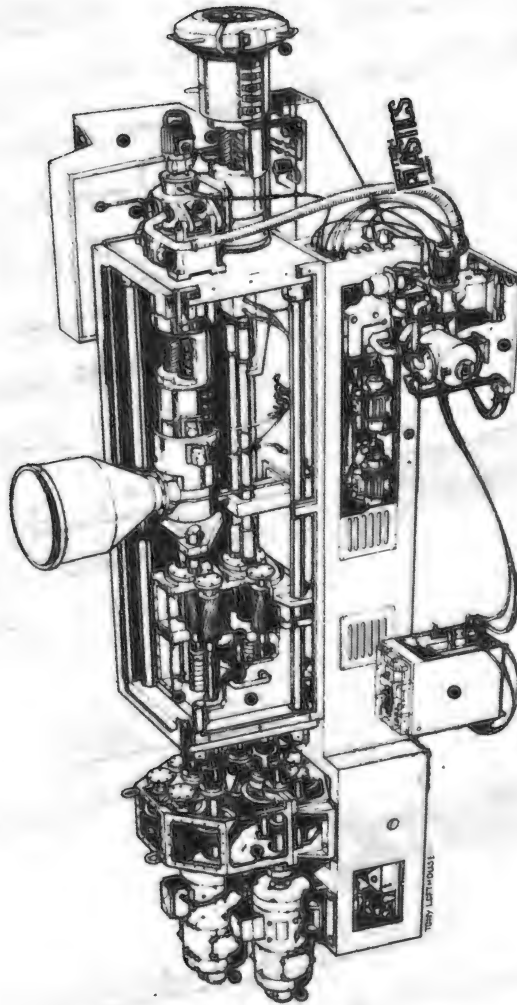
آلة بثق ذات طوابق ، لولب مزدوج .



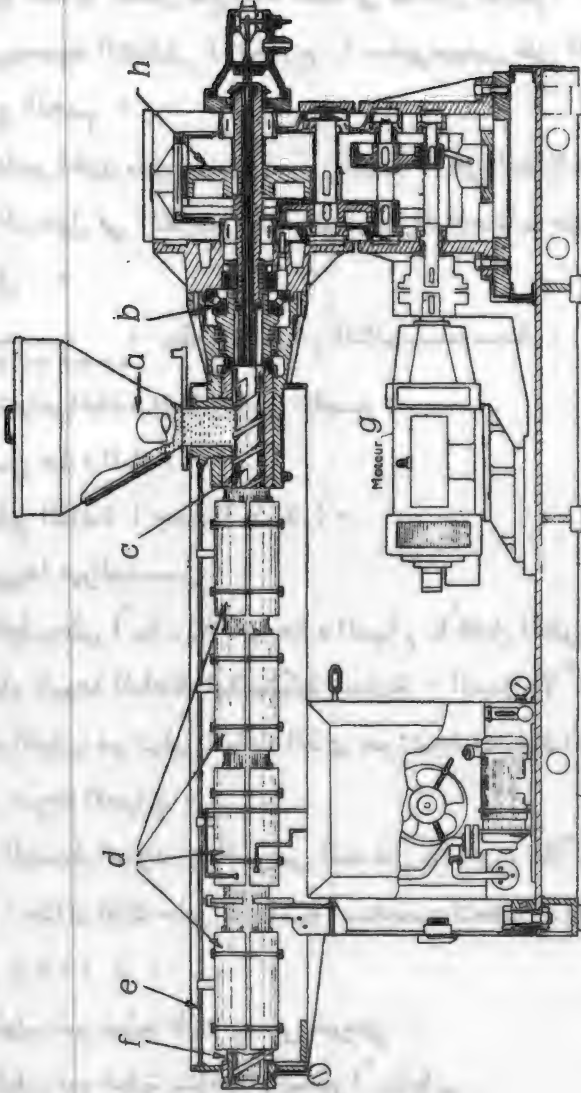
#### ب- العناصر الرئيسية لآلة بثق أحادية :

الشكل ( ١١٧ ) يبين آلة بثق أحادية حديثة وتتألف من :

- هيكل يحمل جسم محاط بعناصر التسخين حيث نلاحظ عدة نقاط للتصهير الحرارى .



الشكل ( ١١٤ ) : آلة مضخة بولب مزدوج للبيـ ق .



الشكل (١١٧) يبين مقطع مفصل لآلة بثق البلاستيك

- |                   |          |                |                |
|-------------------|----------|----------------|----------------|
| d - مراکز التسخين | c - لولب | b - مصدم الكبس | a - قيع        |
| h - مخفض سرعة     | g - محرك | f - اسطوانة    | e - غلاف (حوض) |

- لولب يرتكز على مصدر مودار بواسطة محرك كهربائي يتبعه مخفض سرعة .
- مجموعة تغذية تتضمن قمع وقناة تصب في مدخل الجسم .
- رأس ومجموعة التشكيل ( المخرج ) - غير مبينين على الشكل - يثبتان على مخرج الجسم .

هناك عناصر أخرى مثل مجموعة تبريد اللولب ، مفرغ الغازات من وسط الجسم . . . .  
ودون الدخول في التفاصيل سنعطي بعض الملاحظات حول اللولب ، الرأس والمدخل .

### اللولب : يقوم بالمهام التالية :

- ١- امتصاص المادة الخارجة من القمع .
  - ٢- نقل هذه المادة .
  - ٣- تهلم المادة ( جعلها طرية ) .
  - ٤- تمريرها عبر المخرج .
- يضم اللولب على أساس تأدية هذه المهام بأفضل الظروف مع الأخذ بعين الاعتبار طبيعة المادة البلاستيكية المبتوقة . العمل الأكثر أهمية الذي يقوم به اللولب هو تهلم المادة الذي هو نتيجة الضغط الذي يولده اللولب ، ازدياد درجة الحرارة .

نجعل الضغط المتولد يتناقص بين المدخل والمخرج للآلة بشكل متقطع أو مستمر . هناك ثلاثة حلول أساسية استخدمت لتحقيق ذلك ، كما يبين الشكل ( ١١٨ ) :

- ١- اللولب ذو خطوة ثابتة ومحور مخروطي .
  - ٢- اللولب ذو خطوة متناقصة والمحور أسطواني .
  - ٣- الخطوة تكون متناقصة والمحور مخروطي .
- تصمم اللولب يجب أن يأخذ بعين الاعتبار بصورة خاصة عامل التقلص للمادة



- محور مخروطي ، خطوة ثابتة -



- محور اسطواني ، خطوة متتامة -



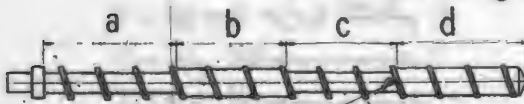
- محور مخروطي ، خطوة متتامة -

الشكل ( ١١٨ )

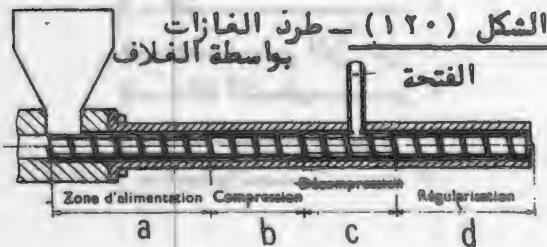
نماذج مختلفة للولاب

المبثوقة أي العلاقة بين الكتلة الحجمية للهروفييل والكتلة الحجمية الظاهرية للحيبيات .

طرد الغازات : وجود آثار الرطوبة وتشكل الغاز يودي الى انتاج هروفييلات غير صالحة ، ولحل هذه المشكلة صنعت نماذج مختلفة من اللولاب بشكل تسمح بتخلية الغاز بفضل ثقب قطري داخل اللولاب في منطقة عدم الضغط décompression كما في الشكل ( ١١٩ ) . عدة نماذج من آلات البثق تستعمل فتحة اضافية موجودة داخل الاسطوانة تقوم عند الاقتضاء بعملية التخلية وذلك لتحسين الانتاج كما بالشكل ( ١٢٠ ) .



الشكل ( ١١٩ ) - ثقب طرد الغازات -



الشكل ( ١٢٠ ) - طرد الغازات بواسطة الغلاف

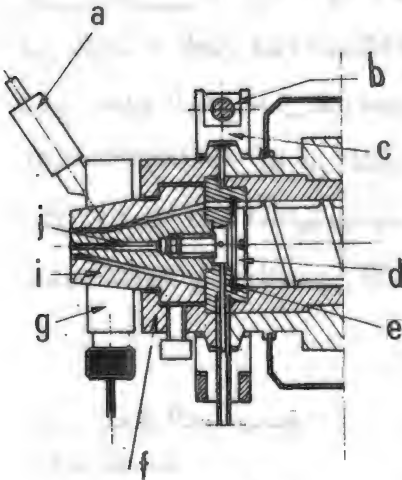
- a - منطقة التغذية
- b - الضغط
- c - تخفيف الضغط
- d - تنظيم وضبط

**صناعة اللوالب :** تصنع اللوالب غالبا بالنسخ copiage بواسطة مخرطة أو بمساعدة فارة . صنع اللوالب ذات الخطوة المتغيرة أكثر صعوبة ، بعض منتجي الآلات استعاضوا بطريقة جيدة عن التناقص المستمر للخطوة بتغيير مقطع . من أجل اللوالب ذات الأقطار الكبيرة يزود سن اللولب بخلائط صلبة مقاومة للاحتكاك . تتعرض اللوالب بصورة عامة لمعالجة سطحية للتقوية ( تسخين في جو من الزيت ) أو بالسقاية ، ويتم بعد ذلك تلبيسها بعناية وغالبا تلبس بالكروم .

### رؤس البثق : Têtes d'extrusion

رأس البثق هو مجموعة ميكانيكية مثبتة بنهاية الآلة بمساعدة عزقة ، مجموعة بشكل حرة ، بواسطة حلقة شد أو عروة تثبيت . رأس آلة البثق يحتوي شبكة للضغط المعاكس ، أحيانا منخل معدني لزيادة تجانس المادة ، حامل

للمخرج ، المخرج . رؤس الآلات صنع الأنابيب تتضمن كذلك ركيزة وحامل لهذه الركيزة . الشكل ( ١٢١ ) .



الشكل ( ١٢١ )

- a - مزدوجة حرارة للتنظيم
- b - برقي للتثبيت
- c - طرق للشد
- d - لولب
- e - فلتير
- f - جسم الرأس
- g - حلقة التسخين
- i - المخرج
- j - اسطوانة



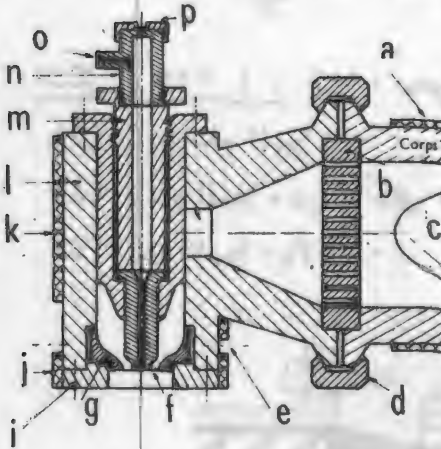
الرأس والمخرج مزودين بطوق للتسخين وما أخذ حرارة مستقلة . رؤوس الآلات تصنع من الفولاذ المعالج الغير قابل للصدأ . الصلح الملامس للمادة المبثوقة يكون مطلي بالكروم .

تختلف الرؤوس عن بعضها بشكلها وما يعادها ومعداتها المتعلقة بالآلة والهروفل المنتج . يمكن تمييز نوعين من الرؤوس بشكل عام :

١- الرؤوس المستقيمة : الشكل ( ١٢١ ) حيث المحور يتطابق مع محور اللولب وتستخدم لانتاج الهروفلات الغير مجوفة أو الانهوية الشكل .

٢- الرؤوس الزاوية : الشكل ( ١٢٢ ) حيث الهروفل لا يخرج بنفس اتجاه محور اللولب ( الزوايا المختارة ١٢٠ - ١٣٥ م ) والزاوية ٩٠ م من أجل الرأس القائم المستخدم غالباً . هذه الرؤوس تستخدم لانتاج الكابلات الكهربائية وصورة عامة الهروفلات المختلفة .

يجب الإشارة الى أن الرؤوس باهضة الثمن وتصنعها يحتاج الى خبرة جيدة ودقة كبيرة .



الشكل ( ١٢٢ )

رأس قائم الزاوية

a - مسخن الجسم .

b - فلتزر .

c - لولب .

d - حلقة شد .

e - برغي لضبط المركز .

f - دليل .

g - المخرج .

i - عزمة شد المخرج .

j - مسخن المخرج .

k - مسخن الرأس .

l - جسم الرأس .

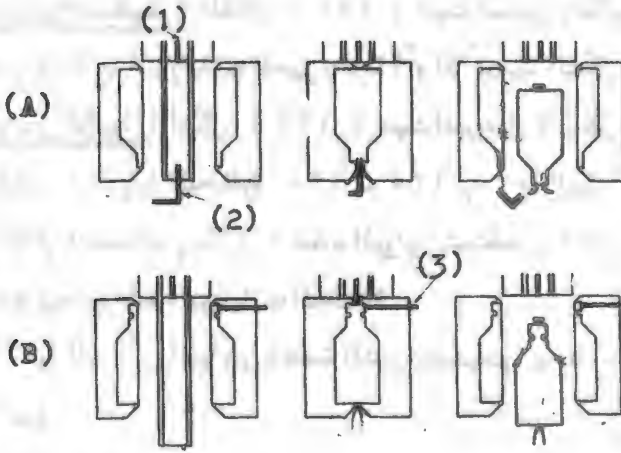
m - لولب شد الدليل .

n - مجموعة طرد الغازات .

o - قناة تتصل بمضخة لسحب الغازات .

p - وصلة (جوان) كاوتشوك .

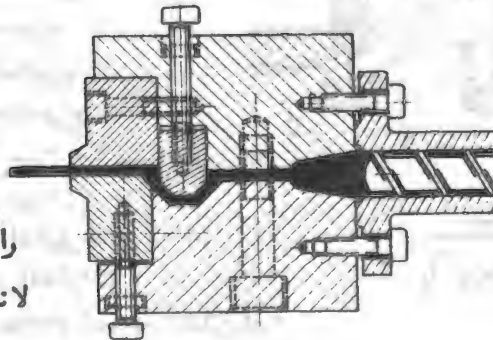
- تستخدم الرؤوس القائمة الزاوية كذلك من أجل انتاج الاشرطة والأغلفة الرقيقة ، هذا وأن طريقة البثق - النفخ تسمح بانتاج أجسام مفروقة بالنفخ من أنبوب داخل القالب ، الشكل ( ١٢٣ ) .
- الاشرطة والصفائح يمكن أن تنتج بواسطة رأس مسطح ، الشكل ( ١٢٤ ) .



- الشكل ( ١٢٣ ) : ( ١ ) : مخرج للهوا . . . ( ٢ ) : حقن الهوا . . .
- ( ٣ ) : ابرة لتفخ الهوا . . .
- ( A ) : نفخ الهوا . من الأسفل ، يمكن أن يكون من الأعلى .
- ( B ) : نفخ الهوا . بالابرة .

الشكل ( ١٢٤ )

- رأس المخرج المسطح
- لانتاج الصفائح



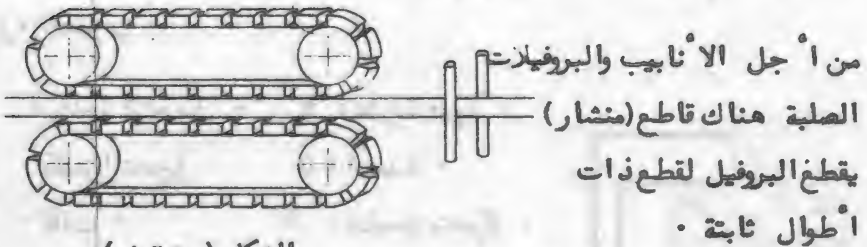
Accessoires

القطع الاضافية :

لكل آلة من الآلات قطع اضافية تختلف حسب المواد المنتجة ، فعند مخرج آلة البثق يصبح البروفيل الناتج على مسؤولية معدات معقدة وهذا يعتمد على البروفيل المنتج نفسه .

مثلا : المجموعات الاضافية من أجل انتاج الأنابيب تتضمن مايلي :

- ١ - مجموعة معايرة .
- ٢ - حوض تبريد .
- ٣ - مجموعة جر (سحب) وغالبا تكون بجانب هسر ، الشكل ( ١٢٥ ) .
- ٤ - ملفات أو دواليب للتخزين .



الشكل ( ١٢٥ )

من أجل الأشرطة الاحادية من PEhd

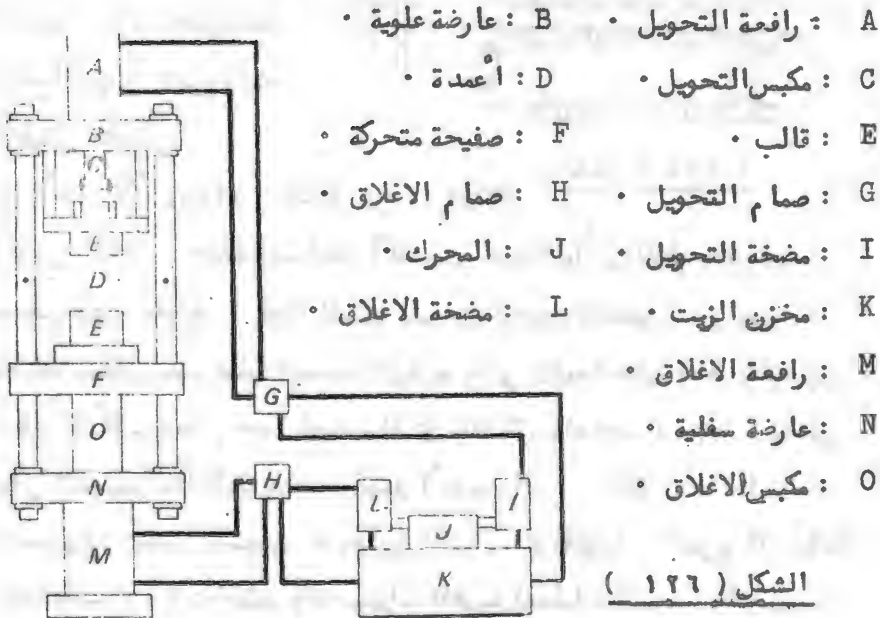
أو من PP فتصنع بمساعدة آلة بثق حيث الرأس القائم ينتج شريط مسطح مبرد ومقطع . هذا المنتج يمر فوق قرصين للتعيم تدور بسرعات مختلفة بشكل يسبب عملية السحب الهامة والتي تتطلبها عملية اللف والتخزين . انتاج الأنابيب هام جدا لعملية البثق والشكل بالصفحة ( ١١٣ ) يعطي مثال للتجهيزات الكاملة مخصصة لبثق أنابيب الـ PVC . مثل هذه التجهيزات تتضمن التجهين ، معايرة الكميات اتوماتيكيا ، المزج الاتوماتيكي ، الخلاطات ، آلات البثق والتجهيزات اللازمة لعمليات السحب والتخزين .

### ٣ - آلات تصنيع المواد البلاستيكية المتصلبة حرارياً TD :

#### ١ - آلات الضغط : Presses de compression :

تتكون بشكل أساسي من صفيحتين متحركتين الواحدة نحو الثانية ، أما بواسطة مجموعة ميكانيكية ( مفصلة متحركة ) أو بصورة عامة بواسطة مجموعة هيدروليكية ( رافعة ) . الرافعة الهيدروليكية يمكن أن تقاد بواسطة مضخة مستقلة أو بواسطة مدخنة Accumulateur تغذى بطارية الآلة .

آلات الضغط الهيدروليكية تشبه آلات التحويل ، الشكل ( ١٢٦ ) مع استثناء رافعة التحويل . رافعة الاغلاق موضوعة على الجزء السفلي أو الجزء العلوي .



( آلة تحويل هيدروليكية برافعة تحويل علوية )

الهيكل (البنية) تكون :

- ١ - يشكل عنق طويل يعطي ولوج سهل للصفائح .
  - ٢ - أعمدة .
  - ٣ - صفوف تتألف من صفحتين مقطعة ومجموعة باللحام بمساعدة كتلة مقولبة تستعمل كدليل للصفائح .
  - ٤ - حلقة معدنية مع كتلة احادية تنتج بالقولبة . هذا الحل هو الأكثر صلابة لكنه باهظ التكاليف وانتشاره قليل .
- من أجل تسهيل تخلية الهواء ، فانه من المفضل استخدام سرعة اغلاق مخفضة حوالي  $(0,5 \times 10^{-2} \text{ m/s})$  بنهاية الدورة . كذلك من أجل تجنب تلف القطع عند اخراجها من القالب ، سرعة الفتح يجب أن تكون حوالي  $2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$  .

#### آلات الضغط اليدوية والآلات الضغط النصف اتوماتيكية :

آلات الضغط النصف اتوماتيكية هي آلات بها الدورة معقدة ، تعمل اتوماتيكيا بعد تحميل القالب وبدء الدورة بواسطة العامل . الجدول رقم ( ٢٣ ) يعطي الخواص لعدد محدد من آلات الضغط اليدوية والنصف اتوماتيكية المستخدمة حاليا . الجدول رقم ( ٢٤ ) يعطي خواص آلات التحويل والتي يمكن استخدامها للقولبة بالضغط ، في هذه الحالة رافعة التحويل تكون غالبا قاذفة ( لافطة للقطعة المنتجة ) .

#### آلات الضغط الاتوماتيكية :

آلات الضغط الاتوماتيكية تعمل بدون تدخل العامل سوى لتعبئة القمع ومراقبة المعيار .

#### ١ - آلات الضغط ذات الكميات الحجمية :

الجدول رقم ( ٢٥ ) يعطي خواص هذه الآلات .

الجدول رقم ( ٢٣ )

|         |         |         |         |                                  |
|---------|---------|---------|---------|----------------------------------|
| 600     | 300     | 100     | 10      | قوة الاغلاق :<br>$10^3$ daN      |
| 34      |         |         | 30      | ضغط الزيت MPa                    |
| 850x800 | 745x800 | 550x450 | 200x200 | أبعاد الصفائح mm                 |
| 740     | 700     | 265     | 170     | شوط الفتح mm                     |
| 875     | 1050    | 365     | 325     | المسافة بين الصفائح mm           |
|         |         |         | 10      | سرعة التقريب $10^{-2}$ m/s       |
| 0,3     |         |         | 1,2     | سرعة الاغلاق $10^{-2}$ m/s       |
| 2       |         |         | 10      | سرعة الفتح $10^{-2}$ m/s         |
| 40      |         |         | 1,2     | قوة الفتح $10^3$ daN             |
| 50      | 20      |         |         | قوة اللفظ $10^3$ daN             |
| 100-150 |         |         |         | شوط القذف mm                     |
| 14,8    | 11      | 2,9     | 1,5     | قوة المحرك w $10^3$              |
| 18      | 15      |         |         | قوة التسخين بالصفائح<br>$10^3$ w |
| 13500   | 7400    | 2000    | 600     | الكتلة Kg                        |

— الجدول رقم ( ٢٣ ) يعدلنا بعض الخواص لآلات التحويل المستخدمة

بالضغط .

— اللفظ ، القذف معنى واحد مقصود به اخراج وقذف القذاعة من القالب .

الجدول رقم ( ٢٤ )

|               |         |         |         |                                        |
|---------------|---------|---------|---------|----------------------------------------|
| 1000          | 400     | 100     | 40      | 10 <sup>3</sup> daN قوة الاغلاق        |
| 14            | 14      | 14      |         | MPa ضغط الزيت                          |
| 1280x<br>1650 | 795x800 | 500x550 | 400x400 | mm ابعاد الصفائح                       |
| 1500          | 850     | 500     | 315     | mm شوط الفتح                           |
| 22 0          | 1300    | 700     | 600     | mm المسافة بين الصفائح                 |
|               |         |         | 15      | 10 <sup>-2</sup> m/s سرعة التقريب      |
|               |         |         | 0,55    | 10 <sup>-2</sup> m/s سرعة الاغلاق      |
|               |         |         | 12      | 10 <sup>-2</sup> m/s سرعة الفتح        |
|               |         |         | 5,6     | 10 <sup>3</sup> daN قوة الفتح          |
| 40            | 30      | 4       | 2- 4    | 10 <sup>3</sup> daN قوة القذف          |
|               |         |         | 60-150  | mm شوط القذف                           |
|               |         |         | 3,5     | 10 <sup>3</sup> W قوة المحرك           |
|               |         |         | 3       | 10 <sup>3</sup> W قوة التسخين بالصفائح |
| 41500         | 11300   | 3000    | 2800    | Kg الكتلة                              |

- تابع - الجدول رقم ( ٢٤ ) - التحويل -

|     |     |     |      |                 |               |
|-----|-----|-----|------|-----------------|---------------|
| 150 | 65  | 20  | 16   | $10^3$ daN      | القوة         |
| 600 | 400 | 260 | 125  | mm              | الشوط         |
|     |     |     | 50   | mm              | قطر المكبس    |
|     |     |     | 0,35 | $10^{-2}$ m/s   | السرعة        |
|     | 550 |     | 50   | cm <sup>3</sup> | الحجم المتحول |
|     |     |     |      |                 | مكبس علوي     |
| x   | x   | x   | x    |                 | مكبس سفلي     |



الجدول رقم ( ٢٥ )

|         |         |         |         |                                       |
|---------|---------|---------|---------|---------------------------------------|
| 350     | 150     | 60      | 30      | قوة الاغلاق<br>$10^3$ daN             |
| 35      |         | 30      | 30      | ضغط الزيت MPa                         |
| 990x800 | 590x710 | 500x500 | 450x480 | أبعاد الصفائح mm                      |
| 600     | 455     | 300     | 250     | شوط الفتح mm                          |
| 1000    | 975     | 600     | 500     | المسافة بين الصفائح mm                |
| 4,3     |         | 12,5    | 24      | سرعة التقريب $10^{-2}$ m/s            |
| 0,24    |         | 0,45    | 0,8     | سرعة الاغلاق $10^{-2}$ m/s            |
| 4,8     |         | 13,5    | 24      | سرعة الفتح $10^{-2}$ m/s              |
| 170     | 19,8    | 30      | 6       | قوة الفتح $10^3$ daN                  |
| 115     | 2 - 3,5 | 25      | 18      | قوة القذف $10^3$ daN                  |
| 200     | 100-200 | 140     | 160     | شوط القذف mm                          |
|         | 5,5     |         |         | قوة المحرك $10^3$ W                   |
|         | x       |         |         | امكانية التسخين<br>بالشعة تحت الحمراء |
| 10000   | 7560    | 2200    | 1870    | الكتلة Kg                             |

## ٢- آلات الضغط ذات الكميات الموزونة بواسطة ميزان ملحق :

الجدول رقم ( ٢٦ ) يعطي خواص هذه الآلات .

### ٣- آلات الضغط الانحوائكية ذات الكميات والتسخين المسبق سمة

## ٦- آلات ضغط اتوماتيكي ذات كميات حجمية وتسخين مسبق بواسطة

أ. ناييب وأشعة تحت الحمراء • موضوعة على طول دائرة توزيع المادة •

الجدول رقم ( ٢٥ ) يعطي خواص هذه الآلات لقوى الاغلاق

التالية :  $60, 80, 150, 3000 \times 10^3$  daN

ب - آلات ضغط اتوماتيكية ذات كميات وتسخين مسبق بواسطة مجموعة

التدخين ( لوب + غلاف ) • الجدول رقم ( ٢٧ ) يعطي

خواص هذه الاسلحة .

٤- آليات ضغط انجنايكية خاصة ذات قوالب متعددة للمقولة بكميات كبيرة

جدا للقطع الصغيرة : مثل ماخذ الكهرباء ، المسدادات ، . . . . .

## ٦- آلات ضغط اتوماتيكية ذات طاولة دوارة للعمل : القوالب تتقدم

بالتناوب ( دوريا ) أمام مركز الشحن الحرجي . التفاعل يتم

خلال بهوران الطاولة • في نهاية التفاعل تتوضع القوالب امام مجموعة

تخلية لأخراج القطع • الجدول رقم ( ٢٨ ) يعطي خواص هذه

الآلات .

ب- آلات ضغط اتوماتيكية بمراكز ثابتة : ويكون لها اربع مراكز مستقلة ،

تقع بفنس الهيكل . الجدول رقم ( ٢٨ ) يعطي خواص هذه

• الأصل

الجدول رقم ( ٢٦ )

| 80           | 50           | 30           | 10           | قوة الاغلاق<br>$10^3$ daN   |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| 1,45         | 1,30         | 0,85         | 0,85         | قوة المحرك $10^3$ W         |
| 300          | 220          | 190          | 130          | شوط الفتح<br>mm             |
| 280          | 240          | 210          | 150          | سلكة القالب<br>الصغرى<br>mm |
| 380          | 340          | 310          | 240          | سلكة القالب<br>العظمى<br>mm |
| 450 x<br>500 | 450 x<br>500 | 400 x<br>400 | 340 x<br>340 | أبعاد الصفائح<br>mm         |

الجدول رقم ( ٢٧ )

| 200      | 100     | 63      | 40     | قوة الاغلاق<br>$10^3$ daN     |
|----------|---------|---------|--------|-------------------------------|
| 80       | 60      | 60      | 40     | قطر اللولب<br>mm              |
| 200      | 200     | 125     | 125    | شوط اللولب<br>mm              |
| 320-910  | 140-310 | 140-310 | 40-138 | الحجم<br>$cm^3$               |
| 400-1140 | 170-390 | 170-390 | 50-172 | حجم المادة<br>نموذج P21<br>gr |
| 3,7      | 3,7     | 2,2     | 2,2    | قوة المحرك $10^3$ W           |
| 18       | 10      | 6       | 3      | قوة التسخين<br>$10^3$ W       |
| 95       | 70      | 70      | 50     | قطر غرفة التحويل<br>mm        |

الجدول رقم ( ٢٨ )

|          |        |        |         |                                                   |
|----------|--------|--------|---------|---------------------------------------------------|
| 4        | 10     | 8      | 10      | عدد مراكز العمل                                   |
| 5        | 15     | 9      | 5       | قوة الاغلاق لكل مركز<br>$\times 1000 \text{ daN}$ |
| 190      | 200    | 150    |         | الشوط<br>mm                                       |
| 4        | 5,5    | 3,7    | 4       | قوة المحرك $10^3 \text{ W}$                       |
| 0,45-0,3 | 4      | 2,4    | 2,5-1,8 | قوة تصخين الصفائح<br>$\times 1000 \text{ W}$      |
|          | 45-240 | 20-130 | 28-90   | زمن التفاعل<br>s                                  |
| 185      |        |        |         | ارتفاع القوالب الاصغرى<br>mm                      |
|          | 180    | 130    |         | القطر الخارجي<br>للقوالب<br>mm                    |
| 1 - 2    | 1-3    | 1-5    | 1-5     | عدد طبقات القالب                                  |
|          | 53-100 | 32-80  | 18-60   | القطر الاعظمي للقطعة<br>المنتجة<br>mm             |
|          | 80     | 65     |         | الارتفاع الاعظمي للقطعة<br>المنتجة<br>mm          |
| 3-24     | 80     | 75     | 15      | كمية المادة<br>gr                                 |
| 1000     | 6400   | 2300   | 1800    | الكتلة للآلة<br>Kg                                |
|          |        |        |         | ملاحظات عامة                                      |

## ٢- آلات التحميل : Presses de transfert

تكون آلات التحميل برافعتين ، واحدة من أجل الإغلاق rrouillage لل قالب ، والثانية من أجل التحميل . قوة رافعة التحميل بصورة عامة تكون  $1/5$  قوة رافعة الإغلاق . رافعة التحميل يمكن أن توضع على الجزء العلوي أو على الجزء السفلي من الآلة . الشكل السابق ( ١٢٦ ) يبين آلة تحميل ذات رافعة تحميل عليا .

٦- آلات التحميل البدوية وآلات التحميل النصف اتوماتيكية ذات الرافعتين ، الجدول رقم ( ٢٤ ) يعطي خواص هذه الآلات .

ب- آلات التحميل الاتوماتيكية : تستعمل بشكل مناسب للقطع الصغيرة ، ولها نموذجان :

### ١- آلات التحميل الاتوماتيكية الأفقية ذات المكبس :

آلة Drabert DSP 50 مثلا ، كمية المادة توزن بالميزان ، والتسخين المسبق يتم بواسطة أنبوب وأ شععة تحت الحمراء . توضع على طول دورة التوزيع وتسقط بها . التحميل الأفقي . مكبس ينقلها داخل القالب . المجموعة الأفقية تسهل اخلا . القطع المنتجة .

مواصفات هذه الآلة : لناخذ المواصفات التقنية لهذه الآلة التي تمثل نموذج للآلات المماثلة :

|                          |   |                      |
|--------------------------|---|----------------------|
| 52,5x10 <sup>3</sup> daN | : | قوة الإغلاق          |
| 25,7x10 <sup>3</sup> daN | : | قوة التحميل          |
| 200 mm                   | : | السمكة الصغرى للقالب |

|                   |     |   |                                     |
|-------------------|-----|---|-------------------------------------|
| 300               | mm  | : | السمكة العظمى للقالب                |
| 240x140           | mm  | : | المجال بين الأعمدة (افقية «معدية» ) |
| 250               | mm  | : | القطر الأعظمي للقالب                |
| 180               | mm  | : | مشوار الفتحة                        |
| 40 - 60           | mm  | : | قطر مكبس التحميل                    |
| 90 - 200          | MPa | : | ضغط التحميل على المادة .            |
| 60                | gr  | : | كتلة المادة المحملة                 |
| $5,5 \times 10^3$ | W   | : | قوة المحرك                          |
| 21                | MPa | : | ضغط الزيت                           |
| $7,4 \times 10^3$ | W   | : | قوة التسخين                         |
| 1300              | Kg  | : | الكتلة ( الوزن )                    |

## ٢ - آلات التحميل الانوماتيكية ذات الكميات المعيارية والتسخين المسبق

بواسطة مجموعة التلدين (لولب + غلاف ) :

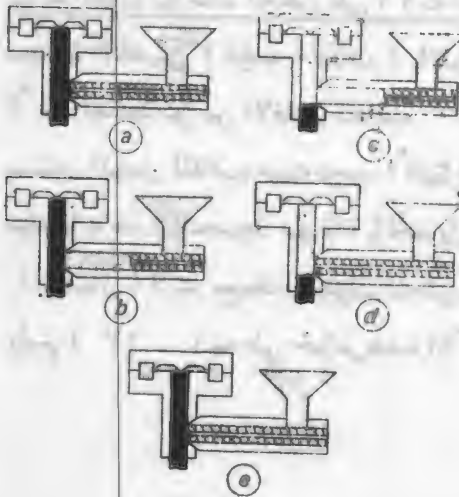
هذه الآلات تسمح بدورة قصيرة تآكل تقريبا زمن الدورة على آلات الحقن ،  
الكمية المحددة وذات التسخين المسبق داخل الغلاف تدفع بواسطة  
اللولب داخلها ، التحميل ، الآلة تعمل مثل آلة تحميل عادية .

الشكل ( ١٢٢ ) يبين آلة نموذج Injectoset Modèle 751.125  
خواصها التقنية كالتالي :

|                   |     |   |                     |
|-------------------|-----|---|---------------------|
| $125 \times 10^3$ | daN | : | قوة الاغلاق         |
| 195               | mm  | : | مشوار الفتحة        |
| $615 \times 80$   | mm  | : | الأبعاد بين الأعمدة |
| $610 \times 505$  | mm  | : | أبعاد القالب        |

|                  |                 |                                       |
|------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 590              | mm              | : السماكة الصغرى للقالب               |
| 670              | mm              | : السماكة العظمى للقالب               |
| 115              | mm              | : مشوار لافظ القطعة الهدروليكي العلوى |
| $6 \times 10^3$  | daN             | : قوة لفظ القطعة                      |
| 490              | cm <sup>3</sup> | : قدرة التحميل                        |
| 44               | mm              | : قطر مكبس التحميل ولولب التلدين      |
| 110              | MPa             | : ضغط التحميل على المسادة             |
| 363              | mm              | : مشوار التحميل                       |
| $15 \times 10^3$ | W               | : استطاعة المحرك                      |
| 7050             | Kg              | : الكتلة ( وزن الآلة )                |

يمكن استخدام الآلات ذات الملدن بلولب للقولبة بالتحميل الاتوماتيكي .  
خواص هذه الآلات معطاة بالجدول رقم ( ٢٧ ) .



الشكل ( ١٢٧ )

- a - التغذية
- b - التلدين
- c - تحميل ولاء التحميل
- d - التحميل
- e - التفاعل

### ٣ - آلات الحقن : Presses d'injection

٦- آلات الحقن العادية : هذه الآلات هي تقريبا نفسها المستخدمة لتصنيع البلاستيك الحراري TP . الآلات المستعملة للقولبة بالحقن للمواد المتصلبة حراريا TD تختلف عن آلات TP بالأمور التالية :

- ١ - لولب بدون نسبة ضغط مع علاقة طول / قطر تساوى :

- ٢ - غياب السدادة الصمامية للاغلاق .

- ٣ - تسخين الغلاف يفضل بواسطة مائع لتجنب التسخين الذاتي .

- ٤ - مراقبة ومعايرة دقيقة للضغط المعاكس .

- ٥ - مجموعة تثبيت ومنع دوران اللولب لتجنب الجريان المعاكس للمادة خلال الحقن .

- ٦ - تسخين كهربائي للقالب .

الجدول رقم ( ٢٩ ) يعطي خواص آلات الحقن الحالية لقولبة المواد المتصلبة حراريا .

ب - القولبة بواسطة الحقن على آلات الضغط : من الممكن بواسطة

مجموعة التلدين ( لولب + غلاف ) القولبة بالحقن على آلات الضغط .

أ - آلة الضغط تؤمن من الاغلاق للقالب . الحقن يتم بواسطة اللولب داخل مستوى الوصل للقالب حيث توجد اقنية التغذية .

مواصفات هذه المجموعة معطاة بالجدول رقم ( ٣٠ ) . يمكن

استعمال آلات مع ملدن بلولب للحقن داخل مستوى الوصل ، الجدول

رقم ( ٢٧ ) يعطي خواص هذه الآلات .



الجدول رقم ( ٢٩ )

|      |     |         |     |        |                                           |
|------|-----|---------|-----|--------|-------------------------------------------|
| 550  | 200 | 100     | 50  | 14     | قوة الاغلاق 10 <sup>3</sup> daN           |
| 700  | 300 | 400     | 200 | 60-140 | شوط الفتح mm                              |
| 400  | 100 | 301     | 100 | 110    | سمالك القالب الصغرى mm                    |
| 595  | 450 |         | 230 | 160    | سمالك القالب المعظمى mm                   |
| 680  | 425 | 410     | 282 | 115    | المسافة بين الاعددة mm                    |
| 530  | 425 | 300     | 130 |        | المسافة بين الاعددة . mm                  |
| 1040 | 660 | 600     | 430 | 204    | ارتفاع الصفائح الافقى mm                  |
| 890  | 660 | 490     | 380 | 100    | ارتفاع الصفائح الشاقولي mm                |
| 9    |     |         | 1,7 |        | قوة اللفظ الميكانيكية 10 <sup>3</sup> daN |
| 9    | 5   |         | 2   |        | قوة اللفظ الهدوليكية 10 <sup>3</sup> daN  |
| 300  | 60  | 110-120 |     |        | شوط اللفظ mm                              |
|      |     | x       |     |        | اغلاق مكبسي                               |
| x    | x   |         | x   | x      | اغلاق بالفاصل                             |

تابع - الجدول رقم ( ٢٩ )

|        |       |         |       |          |                                         |
|--------|-------|---------|-------|----------|-----------------------------------------|
| 80     | 65    | 36-45   | 35    | 18       | قطر اللولب<br>mm                        |
| 1658   | 565   | 200-315 | 120   | 15       | الحجم النظري المحقون<br>cm <sup>3</sup> |
| 187    | 160   | 250-157 | 166   | 152      | الضغط على المادة<br>MPa                 |
| 330    |       |         |       | 75       | شوط اللولب<br>mm                        |
| 10-100 |       | 62-205  |       | 0-460    | سرعة اللولب<br>tr/min                   |
|        |       | 1200    |       | 60       | عزم اللولب<br>N.m                       |
| 45     | 18,5  |         | 7,4   | 4        | قدرة المحرك<br>10 <sup>3</sup> W        |
| 2 x 17 | 2 x 4 | 10      | 2 x 2 |          | قدرة تسخين القالب<br>10 <sup>3</sup> W  |
| 13,5   |       | 12      |       | 2 x 0,65 | قدرة تسخين الاسطوانة<br>x1000 W         |
| 14     |       |         |       |          | ضغط الزيت<br>MPa                        |
| 18000  | 8300  | 4300    | 2600  | 360      | الكتلة<br>Kg                            |
|        |       |         |       |          |                                         |

الجدول رقم ( ٣٠ )

|           |          |          |                                                 |
|-----------|----------|----------|-------------------------------------------------|
| 250- 350  | 140 -180 | 70 -110  | قوة آلة الضغط<br>$10^3 \text{ daN}$             |
| 70        | 50       | 38       | قطر اللولب<br>mm                                |
| 1070      | 500      | 176      | القدرة النظرية للحقن<br>$\text{cm}^3$           |
| 156       | 160      | 192      | ضغط الحقن على<br>المادة<br>MPa                  |
| 280       | 250      | 155      | مشوار اللولب<br>mm                              |
| 40 - 120  | 40 - 140 | 40 - 140 | سرعة دوران اللولب<br>tr/min                     |
| 2260      | 800      | 500      | عزم اللولب<br>N.m                               |
| 11        | 4        | 2,2      | قدرة محرك اللولب<br>$\times 1000 \text{ W}$     |
| 11        | 5,5      | 5,5      | قدرة محرك المضخة<br>$\times 1000 \text{ W}$     |
| 6         | 6        | 3        | قدرة تسخين الاسطوانة<br>$\times 1000 \text{ W}$ |
| 14        | 14       | 14       | ضغط الزيت<br>MPa                                |
| 1040-1290 | 940-1140 | 940-1140 | ارتفاع الانبوب<br>mm                            |
| 6,5       | 4,5      | 4,5      | قوة الاستناد لكتلة<br>الحقن<br>daN              |
| 2500      | 1700     | 1200     | الكتلة<br>Kg                                    |

(١) : لحساب الكتلة المحقونة ، نأخذ كاساس الـ P 21 عند المخرج

للانبوب ، الكتلة الحجمية  $1,1 - 1 \text{ g/cm}^3$  .

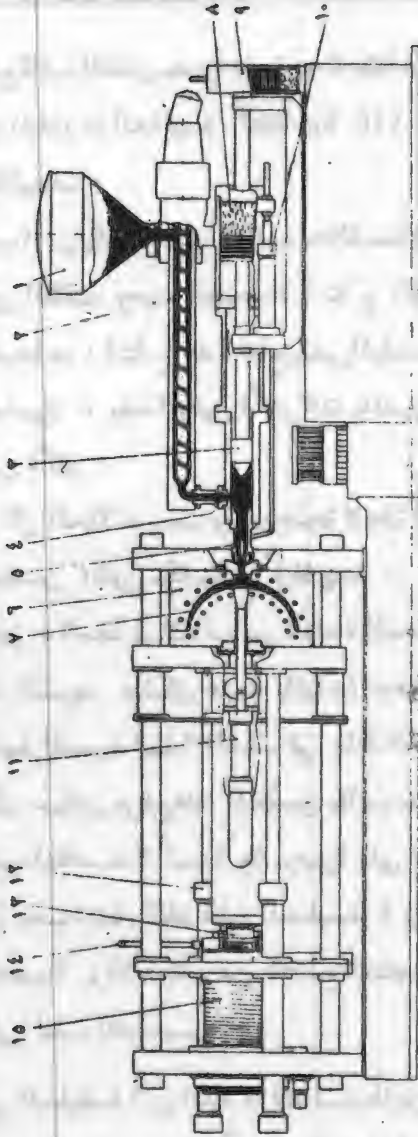
## البحث الخامس

### قوالب انتاج المواد البلاستيكية

قبل البدء بدراسة وتصميم أى مشروع انتاجي للمواد البلاستيكية يجب أن نفكر بالقوالب ( حالة الطرق الانتاجية التي تحتاج لقوالب ) ، وهوخذ بعين الاعتبار أن ثمنها باهظ وتصنيعها يحتاج الى دقة كبيرة وخبرة ممتازة بالمواد البلاستيكية وكذلك لامكانيات جيدة ( وهذا غير متوفر دائما ) . من ناحية اقتصادية ، القالب الجيد هو الاقصادى دائما لأن القالب يكلف مرة واحدة ، فلو قسمنا ثمن القالب على عدد القطع الممكن انتاجها خلال فترة خدمته لوجدنا أن تكاليفه على القطعة الواحدة ضئيلة جدا ، في حين أن القالب الذى لا تتوفر به الشروط الكاملة والجيدة يشكل عبئا في حالة تلفه (حياته وامكانية استخدامه تكون قصيرة ) ويصبح قطعة معدنية ليست بذات قيمة . بالإضافة لذلك لو قارنا المنتجات في الحالتين من ناحية الجودة والخواص لوجدنا فرقا كبيرا وبالتأكيد هذا يؤثر بشكل كبير على التسويق .

في هذا البحث سنتناول باختصار كبير قوالب الحقن والتشكيل للبلاستيك الحرارى TP وقوالب تصنيع البلاستيك المتصلب حراريا TD (حالات الضغط والتحويل والحقن) ، كما سنعطي فكرة عن تنظيم درجة الحرارة في القوالب والقواعد العامة لتصنيع هذه القوالب .

لأخذ فكرة عن الآلة والقالب سمة لنستعرض الشكل ( ١٢٨ ) الذى يبين آلة حقن ( تلدين مسبق ) مع قالب لانتاج قطع هلالية الشكل فنلاحظ أن القالب والأجزاء الممتعة له المستخدمة للتثبيت والمعايرة ٠٠٠ قد تفوق حجما للآلة نفسها .



الشكل ( ١٢٨ ) : آلة حفر بن مضط منخف.

- ١ - قمع التغذية
- ٢ - اللولب
- ٣ - مكبس اسطوانة التحميل
- ٤ - صام الممايرة
- ٥ - القومنة
- ٦ - القالب
- ٧ - القطع المراد انتاجها
- ٨ - اسطوانة الحقن
- ٩ - مكبس التلقم (التغذية)
- ١٠ - مجموعة تثبيت اسطوانات الحقن
- ١١ - لافطة القطعة المنتجة
- ١٢ - مثبت الاسطوانة
- ١٣ - غشاء
- ١٤ - أداة تحريك غشاء الاسطوانة
- ١٥ - أداة ضبط

١ - قوالب تصنيع البلاستيك الحرارى بالحقن : TP

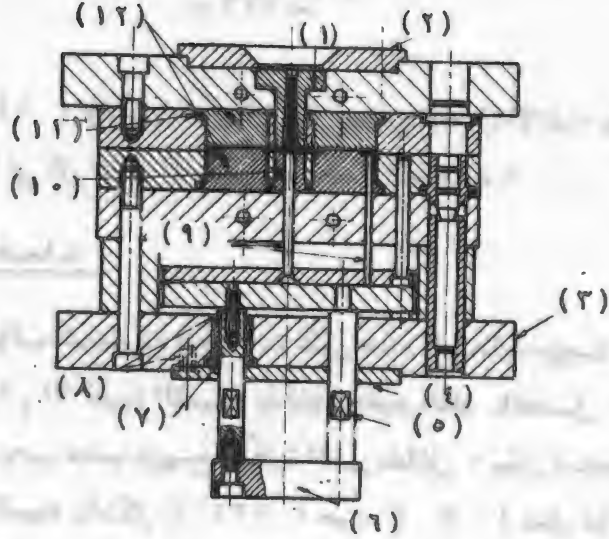
يصنع قالب الحقن بصورة عامة بدقة متناهية ومن الفولاذ الجيد المعالجة وذو المقاومة العالية  $80 - 110 \text{ Kg/mm}^2$  ويكون غالبا باهظ التكاليف .

يجب أن يكون سطح القالب بحالة ممتازة ( ناعم كالمرآة ) يمكن أن يكون القالب وحيد الطبعة لانتاج القطع المتوسطة والكبيرة أو متعدد الطبقات ( انتاج عدة قطع بنفس الوقت وبدورة حقن واحدة ) للقطع الصغيرة ، وهذا يكون أكثر كلفة والدورة الانتاجية أطول ولكن الانتاج يكون أكثر .

في كل الحالات يجب وضع مجموعة لافطة للقطعة أو للقطع ( بعد اتمام الحقن ) تكون ميكانيكية أو غازية .  
الجزء المفدى للقالب من المادة الحقونة بأقنية التغذية يتطلب عند التبريد وشكل هبوط بالمادة ندعوه بالعقب أو الجزرة *carotte* القيمة النسبية لهذا العقب في حالة القطع الكبيرة لا يتجاوز % 2-5 ولكن سيكون مرتفع عند الحقن بقالب متعدد الطبقات وهذا يعتبر هدرا يجب انقاؤه لأنه لا يجبرنا على تنظيف مكانه لاعادة الاستعمال ( يجب اعتبار كلفة هذه العملية ) وثانيا لأنه يجب فصل هذا العقب والأعقاب عن القطع المنتجة وهذه العملية تترك آثارها على هذه القطعة .

في الحقيقة انشاء القالب يطابق غالبا عملية تجميع عناصر قياسية *Normalisés* أو غير قياسية والتي تصمم بشكل يسهل تصنيعها وفحصها وكذلك فكها وتركيبها .

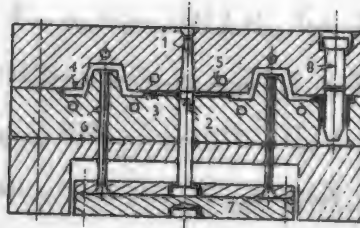
- ٢٣١ -



الشكل ( ١٢٩ )

قالب للحقن

- ١- اسطوانة • ٢- حلقة تحديد المركز • ٣- كتلة القالب • ٤- حلقة
- تحديد المركز • ٥- ساق القاذف • ٦- قاعدة القاذف • ٧- غلاف
- التوجيه • ٨- برغي سداسي بنهاية مجوفة • ٩- قاذف • ١٠- غلاف •
- ١١- وصلة اسطوانية • ١٢- طبقات مكررة •



الشكل ( ١٣٠ )

- ١- القناة الرئيسية • ٢- قاع العقب (الجزرة) : ساق اسطوانية تحوي أداة
- لامساك الجزرة المتكونة • ٣- اقنية ثانوية لتغذية الطبقات • ٤- طبقة القالب •
- ٥- اقنية يجرى بها ماء أو أي مائع حراري بهدف المحافظة على حرارة القالب
- ثابتة • ٦- قاذف للقطعة • ٧- صفحة القاذف وتحوي كل القوالب وتسمح بحركتهم
- بشكل متزامن • ٨- مجموعة المعايير : تؤمن ضبط الأوضاع الصحيحة لمختلف
- القطع الرئيسية للقالب •

الشكل ( ١٢٩ ) والشكل ( ١٣٠ ) يبينان تفاصيل الانشاء والتي نجدها تقريبا في كل قوالب الحقن المتعددة الطبقات .

### توزيع الطبقات :

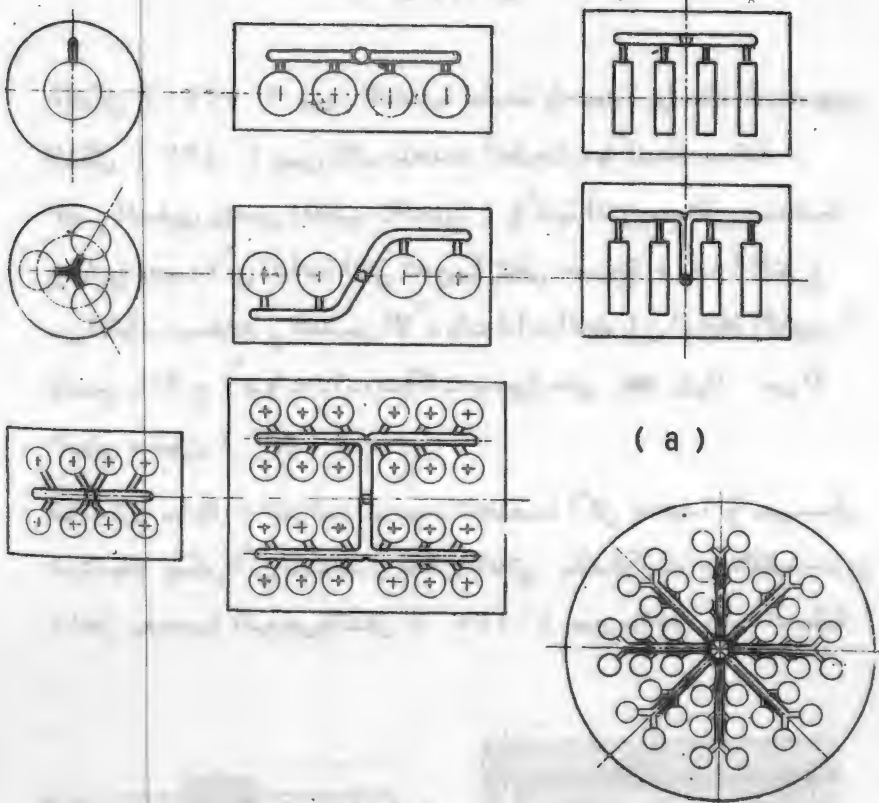
في حالة القوالب المتعددة الطبقات تكون هذه الطبقات موزعة بشكل يقتضي استخدام الأتنية القصيرة وذلك لتخفيض الفقد بالحمل . من جهة أخرى يجب تجنب توزيع الأتنية الغير متماثل . يمكن استخدام التوزيعات المبينة بالشكل ( ١٣١ ) حيث ( a ) تمثل قوالب بشكل متوازي السطوح ، ( b ) تمثل قوالب اسطوانية تكون غالبا أكثر سهولة في التصنيع .

### تغذية الطبقات :

يمكن أن تغذى الطبقات بواسطة مدخل مخروطي عرض قاعدته يحدد 5 - 12 mm حيث يصب غالبا على لوحة ومن ثم في الأتنية الدقيقة جدا . التغذية الشعرية يمكن أن تكون عمودية على القطعة في مستوى الوصل للقالب أو من الأسفل . المادة البلاستيكية في قسم التغذية من القالب تتجمد عند التبريد وتشكل العقيا والجزرة ( كما ذكرنا سابقا ) لذا يجب تقليل هذه الظاهرة ما أمكن والأشكال التالية تبين عدة حلول للتغذية :

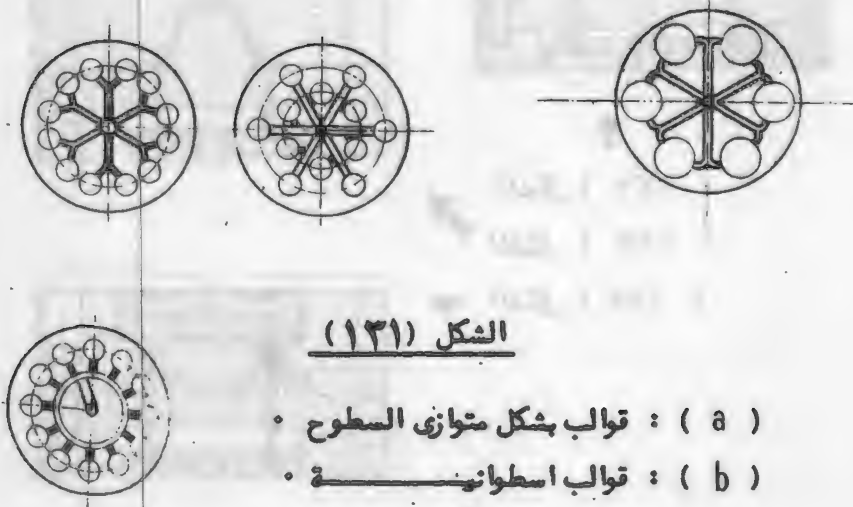
الشكل ( ١٣٢ ) يبين تغذية شعرية دقيقة لقالب متعدد الطبقات حيث نلاحظ أن المادة البلاستيكية المحقونة تصب على لوح قبل أن تدخل الأتنية العمودية الى طبقات القالب .





( a )

( b )



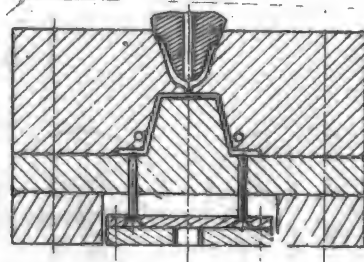
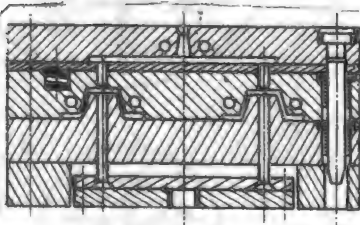
الشكل (١٣١)

• ( a ) : قواب بشكل متوازي السطوح

• ( b ) : قواب اسطوانية

الشكل ( ١٣٢ ) يبين التغذية لطبعة واحدة بواسطة ثقب دهنوس.  
 الشكل ( ١٣٤ ) يبين قالب متعدد الطبقات وأقنية مسخنة ،  
 القسم العلوى يتضمن العقب (الجزرة ) وأقنية التوزيع تكون مسخنة  
 ومعايرة بحيث أن المادة التي تحمها تبقى مصهورة ، هذا النوع  
 من القوالب يستخدم لحقن الأذوات ذات الجدران الرقيقة (كووس)  
 وتسمح بإنتاج أذوات ذات سماكات صغيرة حتى 0,4 mm من الـ  
 البولوي ستيرن ( PS ) .

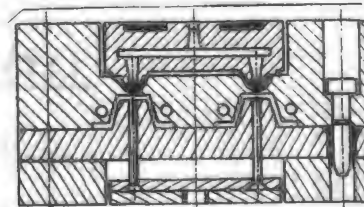
كما ذكرنا سابقا ، القوالب الوحيدة الطبقة أقل تعقيدا وأسهل  
 استعمالا ويمكن أن تستخدم لحقن مادتي بلاستيك مختلفتين  
 داخل بعضهما البعض والشكل ( ١٣٥ ) يبين مراحل هذه العملية .

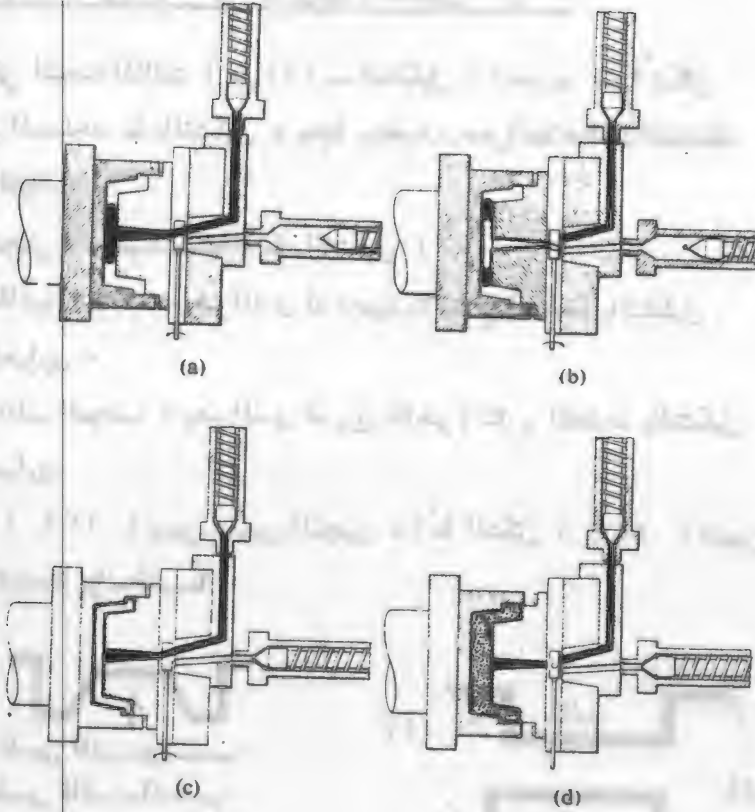


الشكل ( ١٣٢ )

الشكل ( ١٣٣ )

الشكل ( ١٣٤ )





الشكل ( ١٢٥ )

- (a) - حقن مادة الغلاف الخارجي ( القشرة )
- (b) - حقن مادة القلب ( الحشوة )
- (c) - انتهاء حقن مادة الغلاف التي تأخذ شكل القالب
- (d) - القالب يفتح جزئيا لاتمام حقن مادة الحشوة وفق المسألة المطلوبة

## ٢ - قوالب تصنيع البلاستيك الحرارى بالتشكيل TP :

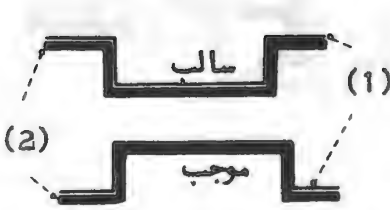
رأينا في البحث الثالث ( ص ١٢١ - التشكيل ) العديد من أشكال القوالب المستخدمة بالتشكيل ، وهنا سنضيف بعض الملاحظات المتعلقة بهذه القوالب :

هناك نوعين للقوالب المستخدمة بالتشكيل :

١ - القالب السالب : وهو الذى له تجويف لانتاج القطعة بالتشكيل الحرارى .

٢ - القالب الموجب : وهو الذى له بروز ظاهر لانتاج القطعة بالتشكيل الحرارى .

الشكل ( ١٣٦ ) يبين هذين النوعين ، أما الشكل ( ١٣٧ ) فيبين القطع المنتجة بواسطتهما .



الشكل ( ١٣٦ )

- ( ١ ) - ورقة من البلاستيك الحرارى .
- ( ٢ ) - القالب .



الشكل ( ١٣٧ )

الجدول رقم ( ٣١ ) يبين الخواص العامة للقطع المنتجة بهذين النوعين من القوالب .

## المواد المستعملة لصناعة القوالب :

١ - لأجل انتاج كميات صغيرة (بضع مئات) يستخدم الخشب أو الجص الصلب .

الجدول رقم ( ٣١ )

| القالب السالب                                                                                                                                                                                                                  | القالب الموجب                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• سطح خارجي مطابق تماما للقالب</li> <li>• نعومة داخلية</li> <li>• عمق وزوايا رقيقة</li> <li>• عمق الشد محدود</li> <li>• اخراج من القالب سهل</li> <li>• استهلاك أقل من المادة</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• سطح خارجي نام ووراق</li> <li>• التفاصيل الداخلية واضحة بشكل جيد</li> <li>• عمق سميك</li> <li>• حروف نحيفة</li> <li>• نسبة المحب أعلى</li> <li>• اخراج صعب من القالب</li> </ul> |

٢ - لأجل الانتاج بكميات متوسطة ( حتى العشرة آلاف قطعة ) يستخدم

• الايبوكسيد EP المسلح

٣ - لأجل الانتاج بكميات كبيرة ( أكثر من عشرة آلاف قطعة ) فيستخدم

• الألمنيوم أو الفولاذ غالبا

القوالب المعدنية توافق بشكل جيد متطلبات التشكيل الحراري بكميات كبيرة

لكن مجدور انخفاض حرارة المادة خلال التشكيل بشكل سريع جدا ، لذا

يفضل غالبا المعدات المصنوعة من البلاستيك المتصلب حراريا TD

والحاوي على بودة ذات أساس معدني لانها كذلك رخيصة السعر كبودة

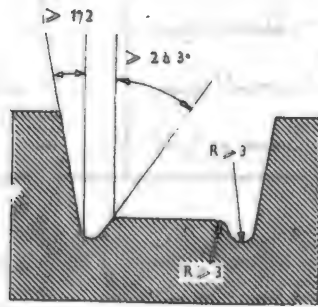
الألمنيوم

القوى المؤثرة تكون نسبيا ضعيفة • يجب الاعتناء بسطح القوالب لتعطي

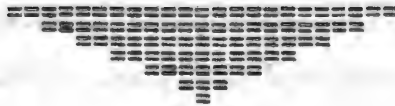
القطع الناتجة هيئة مناسبة •

في كل القوالب يجب توفير وتهيئة ثقب للخروج بأقطار صغيرة  $\leq 0,5 \text{ mm}$

وذلك لتخلية الهواء المحبوس بين القطعة والقالب .  
يجب الانتباه كذلك الى أن عوامل التمدد للمواد البلاستيكية بصورة  
عامة أكبر عشرات مرات من المعادن ، كذلك يجب أن يكون ميلان  
السطوح هام ليسهل عملية الإخراج من القالب وهناك بعض  
القواعد بهذا الخصوص مبينة على الشكل ( ١٣٨ ) .



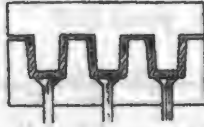
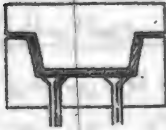
الشكل ( ١٣٨ )



### ٣ - قوالب تصنيع المواد البلاستيكية الحاملة حراريا TD :

هناك شركات متخصصة لتصنيع القوالب المستعملة للمواد البلاستيكية باستثناء المعانع الكبيرة التي بإمكانها تصنيع قوالبها الخاصة بها . تصنيع القوالب عملية صعبة وتحتاج الى فنيين ومال باختصاص وخبرة ممتازة ، وهي غالبا باهظة التكاليف .

يتألف القالب من جزئين يتوضعان الواحد فوق الآخر ، بشكل يسمح بحساب درجة الحرارة والضغط المناسبين . يتضمن القالب الطبعة *Empreinte*



وهي التجويف حيث بداخلها

تأخذ القطعة شكلها النهائي .

القالب ذو الطبعة الواحدة هو الأكثر بساطة . القالب بطبعات متعددة يسمح بإنتاج عدة قطع بأن واحد متشابهة أو مختلفة حسب طبقات القالب .

تخليص القطعة من القالب يتم غالبا بواسطة قاذف القطعة *éjecteur* المتحرك والعملية تتم اتوماتيكيا ، توسيع فوهة الأغلاق وزاوية ميلان الجوانب تسهل كثيرا عملية اخراج القطعة .

تصنف أنواع القوالب حسب طريقة استخدامها الى :

١- قوالب يدوية : كل الأعمال كالتعبئة ووضع أجزاء القالب تتم يدويا خارج الآلة . تستخدم بصورة عامة لتجارب القولية بالضغط ولا تحتوي الا طبعة واحدة .

٢- قوالب الأنتاج : وتثبت على صفائح الآلة ولها نواحل :

١-٢- قوالب نصف اتوماتيكية : مع تحميل ويد ، الدورية يدويا . الفتح والأغلاق يتم بواسطة حركة صفيحة متحركة من الآلة حيث أحد أجزاء القالب يكون ثابت .

٢-٢- قوالب اتوماتيكية : حيث تتم كافة العمليات من فتح والأغلاق ولفظ للقطعة اتوماتيكيا بواسطة حركات صفائح الآلة .

قوالب الضغط : هناك عدة أنواع خاصة للقوالب تستعمل فقط في طريقة الضغط :

١- قوالب بسكين (أو التهريب) : Moule à couteau

مصمم بحيث أن الزيادة في المادة في الجزء السفلي تستطيع الخروج تحت ضغط الجزء العلوي حتى لحظة التلاصق الذي يتم بين الجزئين عند مستويات الوصل . هذه القوالب نسبيا بسيطة الصنع وتطويفها سهل عند كل عملية . النتوء يقص بواسطة الأداة الضاغطة، الشكل ( ١٣٩ ) .

٢- القوالب الموجبة : Moule positif

وتحتوي على غرفة ضغط بنفس مقطع الطبعة، الشكل ( ١٤٠ ) ، هذا القالب لا يعطي أي منفذ للمادة الموجودة داخل الجزء السفلي أي أن المادة تتحمل كل ضغط الجزء العلوي . في الحقيقة يتشكل نتوء شاقولي رقيق جدا يتصلب بسرعة ، يمد الفراغ بين الجزئين بواسطة وحلة ( جوان ) شاقولية .

٣- القوالب النصف موجبة : Moule Semi\_positif

ولها خواص القالب الموجب والقالب بسكين مجتمعة ، الشكل ( ١٤١ ) ، ويحوي غرفة ضغط بمقطع أكبر قليلا من الطبعة ( بعض المصنعات ) حيث يتحرك حرف في الأعلى الطبعة . الفراغ بين الغرفة والأداة الضاغطة يسمح للمادة بالخروج ببداية الأغلاق خلال جزء من دورة الإنتاج ثم في نهاية الضغط فان جزئي القالب ينطبقان بشكل تام ويصح القالب موجب .

٤- قوالب بصدفة : Moules à coquilles

عبارة عن قالب يتضمن عدة قطع قابلة للفك ، الشكل ( ١٤٢ ) ، يسمح بتخليص القطعة المنتجة التي تكون مسطحة عكسا ، أي أن القطعة لا يمكن إخراجها بدون فك القالب .



الجدول التالي يبين ميزات مساوي<sup>٥</sup> الأنواع المختلفة لقوالب الضغط :

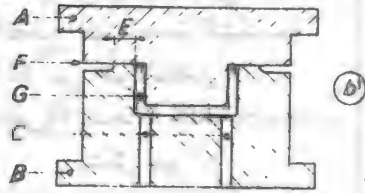
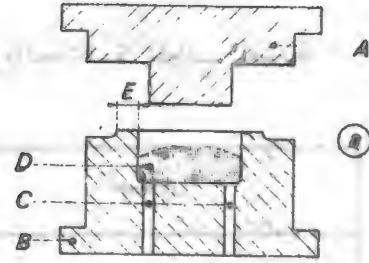
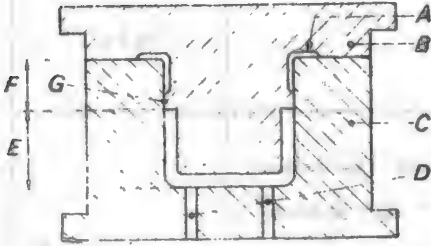
| القالب                                       | الميزات                                                                                 | المساوي <sup>٥</sup>                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| يسكين أو ذو منفذ (مخرج)<br>Moule à couteau . | - سعر منخفض .<br>- اهتراء ضعيف .                                                        | - صعوبة وضع المادة في حالة القطع المسطحة الشكل<br>الكاسي هو المفضل .<br>- نقص الانضغاط والضغط محدود بشكل سي .<br>- إنتاج القطع ذات العصب الكبير مستحيل .<br>- الحاجة لكمية من المادة اكبر من الكمية المنتجة فعلا . |
| موجب<br>Moule positif                        | - ضبط دقيق للضغط<br>- انضغاط جيد .                                                      | - يتطلب معايرة دقيقة وهذا مكلف .<br>- عدم اعطاء قطع بسمكات مختلفة عند ما لا تكون المادة موزونة بشكل دقيق .                                                                                                         |
| نصف موجب<br>Moule Semi_positif               | - لا يتطلب وزن دقيق<br>كما في حالة القوالب الموجبة .<br>- يمكن ان تكون ذات طبقات متعددة | - الضغط على المادة غير معروف تماما مثل حالة القوالب الموجبة<br>- مستويات أكثر أهمية .                                                                                                                              |

الشكل ( ١٣٩ )

" قالب ضغط ذو مكين "

Moule de compression à couteau

- a- قالب مفتوح • b- قالب مغلق •
- A- الاداة الضاغطة
- B- قالب
- C- قاذف للقطعة
- D- هودرة للقوالب
- E- مسند
- F- مستوى الوصل
- G- القطعة المنتجة



الشكل ( ١٤٠ )

" قالب ضغط موجب "

Moule de compression positif

- A- للتحمير
- B- الاداة الضاغطة
- C- قالب
- D- قاذف للقطعة
- E- الطبعة
- F- غرفة ضغط
- G- جوان شاقولي

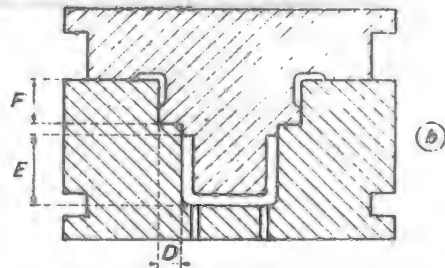
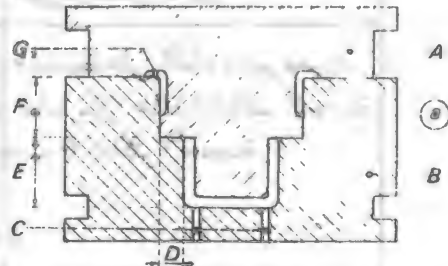
الشكل ( ١٤١ )

" قالب ضغط نصف موجب "

Moule de compression semi-positif

- A- الاداة الضاغطة
- B- قالب
- C- قاذف القطعة
- D- مسند
- E- الطبعة
- F- غرفة الضغط
- G- للتحمير

a- قالب بنتو ، افقي • b- قالب بنتو ، شاقولي

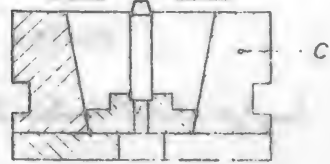
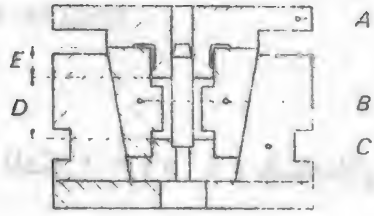


الشكل ( ١٤٢ )

" قالب ضغط بعد فنية "

Moule de compression à coquilles

- A - الأداة الضاغطة
- B - الصدفة
- C - طوق حديدى
- D - الطبقة
- E - غرفة الضغط
- F - القطعة المنتجة



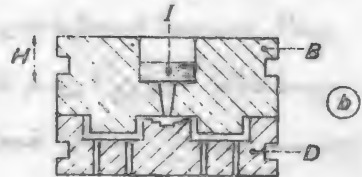
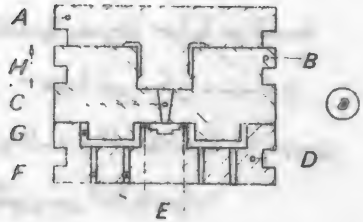
- a - قالب مغلق
- b - قالب مفتوح

الشكل ( ١٤٣ )

" قالب للتحويل لأجل القولية "

على آلة ضغط

Moule de transfert pour moulage sur presse de compression.



- a - قالب مغلق • b - قالب مفتوح ( تحميل )

- A - الأداة الضاغطة
- B - قالب على
- C - قناة أساسية
- D - قالب سفلى
- E - أقبنة ثانوية
- F - قاذف القطعة

- G - الطبقة
- H - غرفة الضغط
- I - بكرة القولية

### قوالب التحويل : Moules de transfert

قوالب التحويل لها نموذجين :

١- قوالب لأجل القولية على آلة ضغط ، الشكل ( ١٤٣ ) ، واستعمالها يقل تدريجيا .

٢- قوالب للقولبة على آلات تحويل برافعتين ، مع تحويل علوى أو تحويل سفلي الشكل ( ١٤٤ ) . الفراغ بين مكبس التحويل والواء يجب أن يكون محدود  $m \ 100 - 50$  لتجنب صعود جديد للمادة حول المكبس . المكبس يجب أن لا يكون مسخن أو كروسي .

### قوالب الحقن : Moules d'injection

القوالب المستخدمة للقولبة بالحقن للمواد البلاستيكية المتصلبة حراريا تكون بلوحيين أو ثلاثة .

قوالب بأقنية باردة (قوالب الحقن) : منذ زمن ، تقنية القولية بأقنية باردة بدأت تتطور . الشكل ( ١٤٥ ) يبين تخطيطا لهذا القالب . هذه التقنية تركز على المحافظة على انبوب القالب وأقنية التغذية بدرجة حرارة مرتفعة كفاية لتسمح بالحقن ومنخفضة لتجنب التفاعل . هذا غير ممكن سوى بجريان مائع بدرجة حرارة منظمة . الحلقات (جوانات) المستخدمة لتأمين السد المحكم لمختلف دوائر التنظيم في القالب تكون من الكاوتشوك .

من أجل الـ Phénoplastes ، درجة حرارة منطقة التغذية حوالي  $100 - 110^{\circ}C$  . استخدام قوالب الأقنية الباردة لا يزيد زمن الدورة . في الحقيقة ، من السهل رفع حرارة المادة لدرجة مرتفعة تصل الى  $(Phénoplastes \ 150^{\circ}C)$  في الاسطوانة بدون أن يبدأ بالتصلب بشكل سابق لأنه داخل انبوب الاسطوانة بملامسة القالب . القولية مع

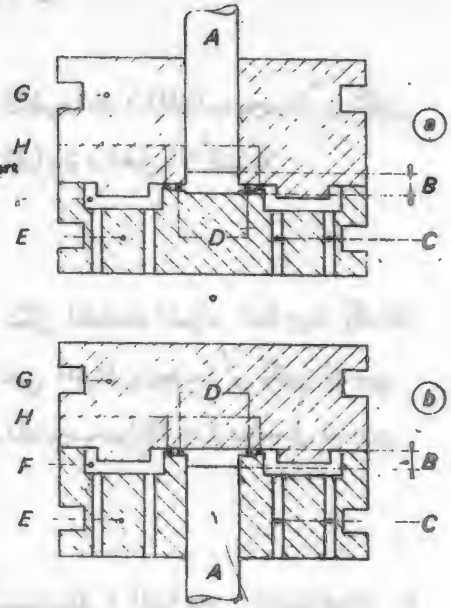
الشكل ( ١٤٤ )

"قوالب تحويل للقوالب على آلات تحويل برافعتين"

Moules de transfert pour moulage sur presse de transfert à deux vérins.

- A - مكبس التحويل
- B - غرفة الضغط
- C - قاذف القطعة
- D - اقنية
- E - قالب سفلي
- F - الطبقة
- G - قالب علوي
- H - مدخل

a - تحويل علوي • b - تحويل سفلي

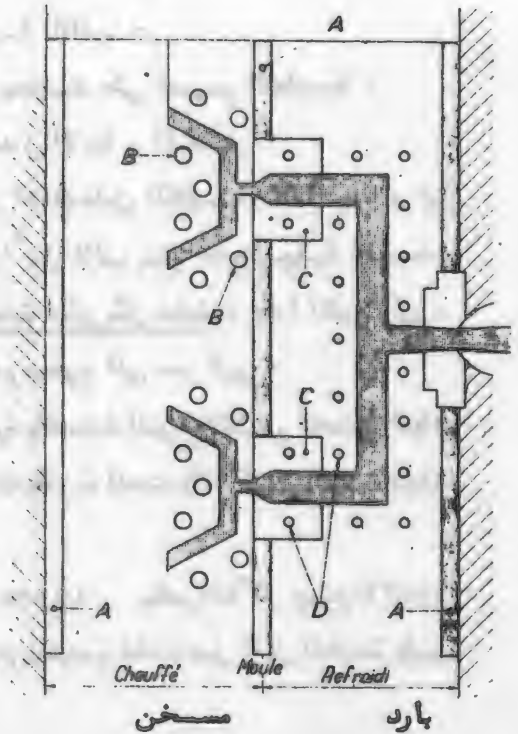


الشكل ( ١٤٥ )

"قالب حقن باقنية باردة"

Moule d'injection à canaux froids

- A - ألواح عازلة
- B - تسخين كهربائي
- D - جريان مائع



الأقنية الباردة تتطلب ملء متوازن تماما للطبعات . القوالب يجب أن تكون مجهزة بمجموعة للتخليص في حالة تفاعل المادة داخل الأقنية .

### تصنيع القوالب :

يجب أن يكون القالب مصمم استنادا الى شكل القطعة المراد انتاجها وكذلك الى المادة البلاستيكية المستعملة . صانعي القوالب يجب أن يكون لديهم معرفة جيدة بتقنية القولية جيدا ، وكذلك يجب مراعاة عدة عوامل من أهمها :

- ١- الشكل ، الحجم ، والوزن .
  - ٢- طبيعة خواص المادة البلاستيكية المستعملة ( التراجع Retrait ، وزمن التفاعل Temps de cuisson ) .
  - ٣- خواص الآلة التي سيركب عليها القالب .
  - ٤- إمكانية اخراج القطعة وهذا يعتمد على تصميم القطعة .
  - ٥- عدد القطع المراد انتاجها وعدد الانتاج المحتمل .
- على هذه العناصر يجب عدم نسيان اضافة عامل الكلفة الاقتصادية أي ثمن القالب . من المفضل دفع الكثير من أجل قالب ينتج قطع تسويقها جيد . القالب يكلف مرة واحدة لكن كلفة القولية تتكرر بكل عملية ، هذا القول يكرر دائما العاملين بهذا المجال ، وهو صحيح الى حد كبير .
- القوالب يجب أن تكون مقاومة للحرارة والضغط المرتفع اللازم لتصنيع المواد البلاستيكية المتصلبة حراريا ، وكذلك مقاومة للحث والتآكل Abrasion وللتآكل الكيميائي لبعض المواد .
- تغطية القوالب بالكروم بسماكة 10mm ينقص التآكل ويمنع الالتصاق . اذا تعرضت طبقة الكروم للتلف بجادات فيجب إعادة عمل كامل الطبقة وليس

فقط الجزء التالف . استخدام الفولاذ بنسبة عالية من الكروم يمكننا من الاستغناء عن طبقة الكروم . سطوح القوالب يجب أن تكون ناعمة جداً . المعادن المستخدمة لصنع القوالب يجب أن تختار بعناية ، ويكون لها بعض الخواص أهمها :

١- غياب الفراغات والفجوات .

٢- سهولة التصنيع ما أمكن .

٣- إمكانية التغطية بالسقاية .

٤- مقاومة جيدة للاهتراء .

خواص وأنواع الفولاذ المستخدم لصناعة القوالب تعطى في الجدول الموجود في الصفحة القادمة .

الخاصة الأساسية للقالب المخصص لإنتاج كميات كبيرة من القطع هي المقاومة السطحية الجيدة . استخدام الفولاذ القاسي جداً لتصنيع أجزاء القالب يحل المشكلة من ناحية ، لكن السعر المرتفع لهذا النوع من الفولاذ وصعوبة تصنيعه تشكل مشكلة أخرى ، لهذا السبب يلجأ إلى استعمال القوالب المجوفة *le moule à alvéoles* التي تتضمن تجاويف في الفولاذ العسادي ،

يستخدم بداخلها قطع من الفولاذ الخاص سواء للتجويف السفلي أو العلوي .  
يغطي القالب بطبقة من الكروم بسماكة  $0,01 \text{ mm}$  .

تصنع قطع القالب بالوسائط الميكانيكية المعتادة ( الفارزة ، المخرطة ، ..... ) .

ويجب الإشارة إلى أن تصنيع القوالب أصبح أثقل صعوبة بسبب وجود قطع

وهنا صرنا ندر ( دعائم ، أطواق ، قوالب للقطع ..... ) .

سنقوم الآن بتقديم بعض التوضيحات لبعض أجزاء القالب :

ثقب تخلية الهواء : الهواء والغاز المحصور في الطبقات يمكن أن يعاكس

| الفولان المستخدم لصناعة القوالب                  |                                                                                 |                                                                                  |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| مقاومة الانهيار                                  | التصنيف                                                                         | جزء القالب                                                                       |
| $\frac{\text{daN/mm}^2}{80 - 90}$                | XC 38 ou XC 42                                                                  | قطع التركيب:<br>دعائم<br>طوق حديدى                                               |
| 180<br>180<br>90 - 100                           | 16 NC 6<br>40 NC 17<br>XC 48                                                    | عناصر متحركة:<br>حلقات التوجيه<br>قاذف (لائف) القطع<br>الجزء الخلفى للقالب       |
| 190 - 200<br>180 - 200<br>180 - 200<br>180 - 200 | 40 NC 15<br>50 NC 15<br>Z 200 C 13<br>Z 200 C 13                                | أجزاء القلبية:<br>فتحة الحقن<br>اسطوانة التحويل<br>مكبس التحويل<br>الآلة الضاغطة |
| 160                                              | XC 12, 10 N 8, 40 NC 15,                                                        | طبقات قسرية                                                                      |
| 150 - 200                                        | Z 200 C 13<br>30 NC 11, 35 NC 15, 80 M 8,<br>Z 200 C 13, Z 30 C 13, Z 60 CD 14. | طبقات مهنمة                                                                      |



جريان المادة ، وبالتالي يظهر على القطع المنتجة آثار حروق • من أجل تسهيل تخلية الغاز يجب استخدام ثقب صامة *events* • وبصورة عامة توضع الثقوب داخل مستويات الوصل وأبعادها تكون :  
العمق : 10 - 100 mm العرض : 5 - 10 mm  
تنفذ الثقوب بعد القيام بالتجربة الأولى على القوالب • حالة السطح يجب أن تسمح بتخلية سهلة للمادة في لحظة الإخراج من القالب ، وبدون هذا الشرط فالثقوب تكون غير مؤثرة •

الأنابيب ، المداخل ، الأقفنة من أجل التحويل والحقن :

الأنابيب الحقن :

المقطع مصمم بحيث يحقق ملء سهيل للطبقات وارتفاع جيد لدرجة الحرارة للمادة بواسطة الاحتكاك ، ولخفض زمن التفاعل يكون قطر الأنابيب عشرين ( ١٠/١ ) قطر لولب التلدين •

المدخل :

المدخل هو المراد الذي تدخل منه المادة الى الطبعة • الشكل ، والوضع والأبعاد للمدخل تؤثر على الجريان وعلى التوجيه *Orientation* الذي يحدد المقاومة للتحرير الميكانيكي *Sollicitation* ولا خطر التشنج عند التبريد • الأشكال الأكثر استعمالا هي التغذية الشعرية ، مقطع مستطيل ، مقطع بشكل V ، نصف دائرة ، شكل مروحي ، أو بشكل حلقات حول القطعة • يجب اختيار الموضع داخل جزء كبير حتى لا يوقف الجريان وبطريقة لا تترك آثار مرئية على القطعة •

يمكن حساب المقطع من العلاقة التجريبية التالية :  $S = 0,35 M$

حيث :  $S(mm^2)$  : مقطع المدخل •

$M(gr)$  : كتلة المادة المحقونة داخل الطبعة •

يجب الانتباه الى أن طول المدخل يجب أن يكون أقصر ما يمكن .

### الاقنية :

كما في حالة الانابيب ولنفس الأسباب فمقطع الاقنية يجب أن يكون مدروسا بشكل جيد . احدى الشركات المعروفة جيدا في هذا المجال اقترحت أن يكون المقطع يساوي ثلاثة أضعاف مقطع المدخل . كثيرا من القوالب المستخدمة حاليا مزودة باقنية مقطوعها يساوي ثلثي أو نصف القيمة المقترحة سابقا ( وتحديد القيمة في الحقيقة تجريبي ) . طول الاقنية يجب أن لا يتعدى ١٠٠ / ١٠٠ / ميليمتر .

الاقنية الطويلة وذات المقاطع الصغيرة تؤدي الى انخفاض محسوس في الخواص الميكانيكية للقطعة المنتجة . المقاطع الدائرية هي الأكثر انتشارا . المقطع النصف دائري سهل التصنيع . المقاطع العريضة والمسطحة تولد احتكاك عالي وغير منصوح بها للاستعمال . السطح يجب أن يكون ناعم جدا لتجنب عملية التصاق المادة به .

### مجموعة تثبيت القالب :

تكون صفائح آلات الضغط وآلات التحويل بصورة عامة مزودة باخذود بشكل حرف ( T ) ، تتلقى مساند مثقبة وملولبة لأجل تثبيت القالب . صفائح الآلات الأفقية مثل آلات الحقن تكون مزودة بثقوب ملولبة .

### تسخين القوالب وتنظيم درجة الحرارة :

يمكن تسخين القوالب بواسطة جريان مائع ( بخار ، ماء ، زيت ) • طريقة التسخين الأ<sup>ك</sup>تر بساطة والأ<sup>ك</sup>ثر ملائمة هي التسخين بواسطة مقاومة كهربائية • المقاومات الكهربائية تكون بشكل حلقات أو عناصر موضوعة داخل صفائح التسخين أو موجودة داخل القالب وهو الأ<sup>ك</sup>فضل • في الحالة الأخيرة ، لتخفيض الفقد الحراري بالتوصيل الحراري فمن الأ<sup>ك</sup>فضل عزل القالب عن الصفائح • تسخين كل جزء من القالب يجب أن يكون مراقب بواسطة منظم لدرجة الحرارة ، منظم إلكتروني مزود بمزدوجات حرارية Thermocouples موجودة ضمن الأجزاء الموافقة للقالب ، غير أنه من الضروري التحقق بشكل منتظم ( مرة كل يوم على الأقل ) من درجة الحرارة للسطوح المقبولة بمساعدة أملاح قابلة للانصهار أو بواسطة مقياس درجات حرارة مرتفعة ( مظهرم ) Pyromètre معايير بشكل جيد •

### القدرة اللازمة لتسخين القالب :

القدرة النظرية  $P_1$  اللازمة لتسخين القالب لدرجة حرارة معينة تعتمد على القدرة الحرارية لكافة المادة المصنوعة منها القالب وهي تتناسب مع كتلة القالب ومع ارتفاع درجة الحرارة :

$$P_1 = \frac{C_1 m_1 (\theta_2 - \theta_1)}{3600}$$

حيث :  $P_1 (w)$  : القدرة اللازمة •

$C_1 (J/Kg.K)$  : الطاقة الحرارية لكل كتلة القالب وتساوي للفولان :

$$C_1 = 4,18 \times 10^2 J/Kg.K = 0,1 cal/g.K ;$$

• كتلة القالب :  $m_1$  (Kg)

• درجة حرارة عملية القولبة :  $\theta_2$  (°C)

• درجة حرارة القالب الابتدائية :  $\theta_1$  (°C)

• الزمن الضروري لتسخين القالب : 3600 s

على القدرة النظرية  $P_1$  اللازمة لرفع درجة حرارة القالب ، من الأفضل إضافة القدرة  $P_2$  اللازمة والضرورية لموازنة الضياعات بواسطة التوصيل ، الحمل الحرارى والاشعاع . من الممكن تخفيض هذه الضياعات بإحاطة القالب

بصفحة عازلة ( أميات Amiante )

القدرة  $P_{2,1}$  المبددة بالتوصيل تعطى من العلاقة :

$$P_{2,1} = \frac{\lambda S (\theta_2 - \theta_3)}{e}$$

حيث :  $P_{2,1}(w)$  : القدرة المبددة

• الناقلية الحرارية :  $\lambda$  (w/m.k)

• سطح التبادل الحرارى :  $S$  (m<sup>2</sup>)

• درجة حرارة القالب :  $\theta_2$  (°C)

• درجة الحرارة للطرف المعاكس للسطوح الملاصقة :  $\theta_3$  (°C)

• للقالب

• سماكة الجدار الملاصق للقالب :  $e$  (m)

القدرة  $P_{2,2}$  المبددة بواسطة الحمل الحرارى تحسب كالتالى ( حسب

معادلة Fishenden ) :

$$P_{2,2} = \frac{K \times 1,66 \times 4,18 \times 10^3 S (\theta_2 - \theta_1)^{5/4}}{3600}$$

حيث :  $P_{2,2}(w)$  : القدرة المبددة بالحمل الحرارى

• سطح التبادل بالحمل الحرارى :  $S$  (m<sup>2</sup>)

K : ثابت يساوى الى

K=1 من أجل الجدران الشاقولية •

K=1,3 من أجل الجدران الأفقية المتجهة للأعلى •

K=0,65 من أجل الجدران الأفقية المتجهة للأسفل •

$\theta_2$  (°C) : درجة حرارة القالب •

$\theta_1$  (°C) : درجة حرارة الورشة ( درجة الحرارة العادية ) •

القدرة المبددة بالإشعاع  $P_{2,3}$  تتبع قانون ستيفان - بولتزمان  
( Stefan - Boltzmann ) :

$$P_{2,3} = \sigma S ( T_2^4 - T_1^4 ) a$$

حيث :

$P_{2,3}$  (w) : القدرة المبددة بالإشعاع •

$\sigma$  : ثابت ستيفان ويساوى  $5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}^4$  •

S (m<sup>2</sup>) : مساحة السطح المشع •

$T_2$  (K) : درجة حرارة القالب :  $T_2 = (273 + \theta_2)$

$T_1$  (K) : درجة حرارة الورشة :  $T_1 = (273 + \theta_1)$

a = 0,8 : قوة الإرسال ( البث ) لسطح القالب

الطاقة المبددة الكلية وتساوى الى :

$$P_2 = P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3}$$

القدرة الكلية P الضرورية لوضع القالب بدرجة الحرارة اللازمة :

$$P = P_1 + P_2$$

ملاحظة : في الحقيقة ان حساب الحرارة المبددة طهمل Mourgue •

اقترح من أجل قوالب المواد البلاستيكية العلاقة التجريبية التالية لحساب هذه الحرارة :

$$P_2 = \frac{4,18 \times 500 \times (50S_1 + 27,5S_2)}{60}$$

حيث :

- $S_1$  (m<sup>2</sup>) : السطح الجانبي للقالب
- $S_2$  (m<sup>2</sup>) : السطح الكلي للماس للمفاتيح (ضعف سطح القالب)

### مثال تطبيقي :

المطلوب حساب القدرة الضرورية لأجل تسخين قالب لقطعة ( نموذج : ( Modèle CEMP .

- الأبعاد : 0,30 x 0,30 x 0,20 m ( الارتفاع 0,20 )
- الكتلة : 138 Kg

تسخين بواسطة مقاومة كهربائية ضمن القالب • صفائح الآلة معزولة بواسطة الألواح من الألياف بسمك 0,025 m

كل جزء من القالب مثبت على صفائح الآلة بواسطة ٤ / مسامير كبيرة بمقطع  $2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  ( 2 cm<sup>2</sup> ) وطول 0,10 m

درجة حرارة القولية :  $\theta_2 = 170^\circ \text{ C}$

درجة حرارة الورشة :  $\theta_1 = 20^\circ \text{ C}$

نفرض أن درجة حرارة نهايات المسامير من الأعلى  $170^\circ \text{ C}$  ومن الأسفل  $70^\circ \text{ C}$

القدرة النظرية :

$$P_1 = \frac{4,18 \times 10^2 \times 138 (170 - 20)}{3600} = 2400 \text{ w}$$

القدرة المبددة بواسطة التوصيل :

١- باختراق لوح الألياف :

$$S = 0,30 \times 0,30 \text{ m}^2$$

$$e = 0,025 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,0836 \text{ W/m.K} = 0,0002 \text{ cal/s.cm.K}$$

$$P_{2,1a} = \frac{0,0836 \times 0,30 \times 0,30 \times 2 \times (170 - 20)}{0,025} = 90 \text{ W}$$

$$0,025$$

٢- بواسطة المسامير :  $2 \times 4$

$$= 46 \text{ W/m.K} = 0,11 \text{ cal/s.cm.K}$$

$$P_{2,1b} = 88 \text{ W} = \frac{46 \times 4 \times 2 \times 10^{-4} (170 - 70) + (170 - 30)}{0,1}$$

القدرة المبددة بواسطة الحمل الحراري على كل السطح الجانبي للقالب :

$$S = (0,3 + 0,3 + 0,3 + 0,3) \times 0,2 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$P_{2,2} = \frac{1 \times 1,66 \times 4,18 \times 10^3 \times 0,24 (170 - 20)^{5/4}}{3600} = 242 \text{ W}$$

القدرة المبددة بالإشعاع على كل السطح الجانبي للقالب :

$$P_{2,3} = 5,67 \times 10^{-8} \times 0,24 (443^4 - 293^4) \times 0,8 = 339 \text{ W}$$

القدرة الكلية المبددة :

$$P_2 = 90 + 88 + 242 + 339 + 759 = 759 \text{ W}$$

القدرة الكلية اللازمة P لرفع درجة حرارة القالب هي :

$$P = 2400 + 759 = 3159 \text{ W}$$

ملاحظة : حسب قيمة  $P_2$  وفقا لمعادلة Mourgue التجريبية :

$$P_2 = \frac{4,18 \times 500 \times (50 \times 0,24) + (2,75 \times 0,18)}{60} = 590 \text{ W}$$

هذه القيمة ليست بعيدة ووفق الدقة المطلوبة ( من القيمة 759 W التي وجدناها سابقا .

القدرة اللازمة للمحافظة على درجة الحرارة :

القدرة اللازمة للمحافظة على درجة حرارة القالب  $P_3$  : تعادل في نظام القوالب الى مجموع القدرات التالية :

$$P_3 = P_2 + P_{3,1} + P_{3,2}$$

حيث :

$P_2$  : القدرة اللازمة لموازنة الضياعات بالتوصيل والحمل الحراري والاشعاع .

$P_{3,1}$  : القدرة المبذورة بواسطة المادة البلاستيكية المصنعة بالقوالب .

$P_{3,2}$  : القدرة المبذورة بسبب فتح القالب .

القدرة المبذورة بواسطة المادة البلاستيكية :

$$P_{3,1} = \frac{c_2 m_2 (\theta_2 - \theta_1) n}{3600}$$

حيث :

$c_2$  (J/Kg.K) : القدرة الحرارية لكتلة المادة المقولبة في حالة Phénoplaste

تساوى :  $c_2 = 1,46 \times 10^3$  J/Kg = 0,35 cal/g.K

$m_2$  (Kg) : كتلة القطعة المقولبة .

$\theta_2$  : درجة حرارة القالب .

$\theta_1$  : درجة حرارة المادة لحظة دخولها القالب .

$n$  : عدد مرات عملية القوالب بالساعة .

القدرة المبذورة بسبب فتح القالب :

$$P_{3,2} = \frac{c_1 m_1 \Delta \theta n}{3600}$$



- حيث :  $C_1$  : القدرة الحرارية لكتلة القالب .  
• كتلة القالب :  $m_1$  (Kg)  
 $\Delta \theta$  (K) : انخفاض درجة الحرارة خلال عملية الفتح فيما لو لم يكن هناك موازنة لهذا الانخفاض .

مثال تطبيقية : —————

- كتلة القطعة المقولبة = 0,200 Kg  
عدد القطع المصنعة بالساعة = ١٢ قطعة .  
قولة بدون اضافة حرارة للمادة البلاستيكية قبل دخولها القالب .  
 $\Delta \theta = 5K$

$$P_{3,1} = \frac{1,46 \times 10^3 \times 0,2 \times (170 - 20) \times 12}{3600} = 146 \text{ W}$$

$$P_{3,2} = \frac{4,18 \times 10^2 \times 138 \times 5 \times 12}{3600} = 961 \text{ W}$$

$$P_2 = 759 \text{ W}$$

$$P_3 = 759 + 146 + 961 = 1866 \text{ W.}$$

### القواعد العامة المتبعة لتصنيع القوالب :

للحصول على قالب جيد للاستعمال للغاية المقصودة وشروط اقتصادية ملائمة  
يجب اتباع القواعد التالية :

#### ١- ما يتعلق بالقطعة المراد إنتاجها :

يجب وضع مشروع كامل مفصل تماما عن القطعة المراد إنتاجها • تصنيع النموذج  
الأصلي بالتاكيد يأخذ وقتا وإيجرا كلفة من المكرر • بالرغم من كبر حجم  
الاحتياطات الممكنة يجب مراعاة مايلي :

أ- تجنب الميلان المعاكس الذي يؤدي الى قالب متعدد القطع ، غالي  
الثمن ، صعب الاستعمال و مردوده ضعيف •  
ب- وضع سماكة مناسبة للجدران بحيث تكون الصلابة والمقاومة الميكانيكية  
كافية •

ج- تخفيف الزوايا الحادة بتأمين اتصال السطوح المستوية بالانحناء •  
الزوايا الحادة دائما تشكل نقاط ضعف في مقاومة القطع وتعيق عملية  
اخراج القطع من القالب كما تعقد صنع القالب •

#### ٢- اختيار المادة المقولبة :

يكون اختيار المادة المقولبة كنابع للخواص التي يجب أن تتصف بها القطعة  
المنتجة ( مقاومة ميكانيكية ، خواص كهربائية ، الهيئة ..... ) •

#### ٣- تراجع المادة البلاستيكية :

يجب الانتباه وعدم النسيان أبدا تراجع الرزين الاصطناعي خلال عملية  
القولبة والتي تكون بحدود 0,9% - 0,6% •

#### ٤- تكاليف القوالب :

كلفة القوالب مرتفعة بشكل عام ، والأُسعار تتناقص عند الكميات الكبيرة  
والقوالب ذات الطبقات المتعددة أكثر كلفة من قوالب الطبعة الواحدة •

### صيانة القوالب :

يجب أن تنظف القوالب بشكل دوري لأنها تتوسخ اما ببقايا المادة فسي  
بعض الأجزاء ، واما بعد استعمال زائد لوسيط لاجراج القطع بعد  
عملية القولية . démoulage

### الامن والحماية للقوالب والآلات :

الحماية من الآلات تؤمن بواسطة لوحات واقية للمنطقة الخطيرة ، هذه  
اللوحات تمنع أى تشغيل طالما كانت مرفوعة . مجسمات الخلايا والقواطع  
تستخدم كذلك للحماية .  
حماية القالب تتركز على تأمين عدم بقا . أى قطعة مصنعة داخل القالب  
بنهاية الدورة الانتاجية . بالآلات اليدوية والنصف اوتوماتيكية تؤمن  
هذه الناحية بواسطة العامل ، أما بالآلات الاتوماتيكية فالحماية تتأمن  
بواسطة الاغلاق تحت ضغط ضعيف ومراقبة القطع بمساعدة الميزان الذى  
يبدأ الدورة الانتاجية الجديدة .





جدول الأسماء والرموز (١)

| <u>الرمز</u> | <u>المادة</u>                                           |
|--------------|---------------------------------------------------------|
| ABS          | (1) poly(styrène/butadiène/acrylonitrile) .             |
| ASA          | (1) poly(acrylonitrile/styrène/<br>acrylate d'éthyle).  |
| CA           | (1) acétate de cellulose.                               |
| CF           | (2) crésol formol.                                      |
| CN           | (1) nitrate de cellulose.                               |
| EP           | (2) polyépoxydes.                                       |
| FEP          | (1) poly(éthylène/propylène)perfluoré.                  |
| MBS          | (1) poly(styrène/butadiène/méthacrylate<br>de méthyle). |
| MF           | (2) mélamine formol.                                    |
| PA           | (1) polyamides.                                         |
| PB           | (1) polybutylène.                                       |
| PC           | (1) polycarbonates.                                     |
| PE           | (1) polyéthylène.                                       |
| PE bd        | (1) polyéthylène basse densité. منخفض الكثافة           |
| PE hd        | (1) polyéthylène haute densité. عالي الكثافة            |
| PEOX         | (1) poly(oxyéthylène).                                  |

Thermoplastiques : (1) بلاستيك حراري

Thermodurcissables : (2) بلاستيك متصلب حراريا

تابع جدول الأسماء والرموز (٢)

| <u>الرمز</u> | <u>المادة</u>                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------|
| PF (2)       | phénol formol.                                      |
| PI (2)       | polyimides.                                         |
| PMMA (1)     | poly(méthacrylate de méthyle).                      |
| PMS (1)      | poly(méthylstyrène).                                |
| POM (1)      | poly(oxyméthylène).                                 |
| PP (1)       | polypropylène.                                      |
| PPO (1)      | poly(oxyphénylène).                                 |
| PPS (1)      | poly(sulfure de phénylène).                         |
| PS (1)       | polystyrène.                                        |
| PSU (1)      | polysulfones.                                       |
| PTFE (1)     | poly(tétrafluoroéthylène).                          |
| PVA (1)      | poly(acétal de vinyle).                             |
| PVAC (1)     | poly(acétate de vinyle).                            |
| PVC (1)      | poly(chlorure de vinyle).                           |
| PVDC (1)     | poly(chlorure de vinylidène).                       |
| PVF (1)      | poly(fluorure de vinyle).                           |
| SAN (1)      | poly(styrène/acrylonitrile).                        |
| MBS (1)      | poly(styrène/butadiène/méthacrylate<br>de méthyle). |
| SI (1)(2)    | silicones.                                          |
| UF (2)       | urée formol.                                        |
| UP (2)       | polyesters insaturés.                               |

| التطبيقات                                                                                                                                                                                                                                       | المساوي                                                                                     | الميزات                                                                                                                                                                                                                                                | المادة |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| تغليف حراري بالتشكيل<br>أو الحقن ، مغروشات ،<br>أدوات منزلية ، أدوات<br>صحية ، أدايو ، تلقترون<br>( الغلاف ، والقطع المشكلة<br>بالقولب ) ، أدوات<br>كهربائية منزلية ، ألعاب ،<br>قطع مختلفة بالبرادات ،<br>أدوات مكتب ، قوسم ،<br>معدات تصوير . | هش ، قابل للاحتراق ،<br>حساسية للهب ، روكريون ، للزيت<br>والذبيات ، صعب التفكيك<br>بالنفخ . | صلابة ، ثبات شكلي وحموي ،<br>شفافية ممتدة ٩٠ / ، مقاومة<br>للأجواء الاستوائي ، عازل كهربائي<br>جيد ، رخيص التكاليف ، سهولة<br>القولبة والتشكيل بمجال حراري<br>كبير ، تراجمه ضعيف ، قابل<br>للحلم بالطرق الفني صوتية ،<br>لاصق ، يمكن استعماله للدبكو . | PS     |
| معدات تصوير .                                                                                                                                                                                                                                   | صلابة مخففة ، غير شفاف                                                                      | مقاومة أفضل للصدمات .                                                                                                                                                                                                                                  | PSC    |
| أدوات كهربائية منزلية<br>وصحية ، أوضاع ولغات ،<br>أنوار السيارات .                                                                                                                                                                              | هش .                                                                                        | مقاوم للصدمات والتفتور ،<br>مثالي ، سلوك أفضل للتشقق<br>بتأثير الإجهادات ، مقاوم<br>للهب ، روكريون .                                                                                                                                                   | SAN    |
| معظم التطبيقات السابقة ،<br>حفاظية ، قطع صغيرة مختلفة<br>بعض قطع هيكل السيارات<br>والقوالب .                                                                                                                                                    | غير شفاف ، ثبات كيميائي<br>ضعيف .                                                           | صلابة ، ثبات حموي ، سطح<br>صلب ولامع ، مقاومة جيدة للصدم<br>واللتحزير ، مقاوم جيد للرطوبة<br>والحرارة ، قوية وتشكيل سهل .                                                                                                                              | ABS    |

| Polystyrènes                |                                | PS           | بطني ستون           | ساد : الم                     |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------|-------------------------------|
| modifiés<br>20-30% f. Verre | modifiés<br>Résis à la chaleur | Normal       | الوحدة              | الخواص (١)                    |
| ١,٣٣ - ١,٢                  | ١,١١ - ١,٠٥                    | ١,٠٦٥ - ١,٠٤ | gr/cm <sup>3</sup>  | الكثافة                       |
| نصف شفاف                    | شفاف                           | شفاف         | %                   | ناظمية الضوئية                |
| -                           | غير محدودة                     | غير محدودة   | -                   | امكانية التظلم                |
| ٠,٠٧ - ٠,٠٥                 | ٠,٤ - ٠,٠٥                     | ٠,٠٥ - ٠,٠٣  | %<br>سكالة<br>مم    | انخفاض المماس خلال<br>٢٤ ساعة |
| ١,٥ - ٧,٧٣                  | ٨,٤ - ٤,٩                      | ٦,٣ - ٣,٥    | kg/mm <sup>2</sup>  | اجهاد الانهيار على الشد       |
| ١,٣ - ٠,٧٥                  | ٢,٥ - ١,٥                      | ٢,٥ - ١      | %                   | التمدد حتى الانهيار<br>بالشد  |
| ٨٤٧ - ٧٧٠                   | ٤٢٠ - ٢٨٠                      | ٣٥٠ - ٢٨٠    | kg/mm <sup>2</sup>  | معامل العروة بالشد            |
| -                           | ١١,٢ - ٨                       | ١١,٢ - ٨     | kg/mm <sup>2</sup>  | اجهاد الانهيار بالضغط         |
| ١٣,٤ - ١٠,٥                 | ١١,٩ - ٧                       | ١١,٢ - ٨,٤   | kg/mm <sup>2</sup>  | اجهاد الانهيار بالانحناء      |
| لا يحترق                    | بطني                           | بطني         | mm / min            | انتشار اللهب                  |
| ٤,٥ - ٣                     | ٨ - ٦                          | ٨ - ٦        | 10 <sup>-5</sup> °C | عامل التمدد الخطي<br>الحراري  |



| Polystyrènes                |                                |  | PS         | بولي ستيرن                   | الأداة                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--|------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Modifiés<br>20-30% f. Verre | modifiés<br>Résis à la chaleur |  | Normal     |                              | الخواص (٢)                            |
| -                           | ٢ - ١,٩                        |  | ٢,٢ - ١,٤  | $10^{-4} \text{ cal/s/cm}^2$ | الناظية الحرارية                      |
| ٠,٢٧ - ٠,٢٣                 | ٠,٢٥ - ٠,٢٢                    |  | ٠,٢٢       | $\text{cal/cm}^2$            | الحرارة النقصية                       |
| ١١٠ - ٩٠                    | ١١٣ - ٨٢                       |  | ٩١ - ٦٦    | $^{\circ}\text{C}$           | درجة حرارة الانعنا تحت حمل            |
| ٩٣ - ٨٢                     | ٩٢ - ٧٧                        |  | ٧٧ - ٦٦    | $^{\circ}\text{C}$           | درجة حرارة الطاقوسية ( حرارة مستقرة ) |
| مستاز                       | جهد                            |  | جهد جدا    | -                            | امكانة القلبية                        |
|                             |                                |  |            |                              | درجة حرارة القلبية                    |
| ٢٣٠ - ٢٢٢                   | ٢٧٠ - ١٨٠                      |  | ٢٢٠ - ١٦٠  | $^{\circ}\text{C}$           | - بالحقن                              |
| -                           | ٢٠٥ - ١٥٠                      |  | ٢٠٥ - ١٣٠  | $^{\circ}\text{C}$           | - بالضغط                              |
|                             |                                |  |            |                              | ضغط القلبية                           |
| ٢٨١٠ - ١٠٥٠                 | ٢٣١٠ - ٧٠٠                     |  | ٢١٠٠ - ٧٠٠ | $\text{kg/cm}^2$             | - بالحقن                              |
| -                           | ٢٦٠ - ٧٠                       |  | ٧٠٠ - ٧٠   | $\text{kg/cm}^2$             | - بالضغط                              |

Thermoplastique ( ٥ ) - تابع - الحدود

| Polystyrènes                |                                    | PS            | بولي ستيرين | مادة :                    | المادة      |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------|-------------|---------------------------|-------------|
| Modifiés<br>20-30% f. Verre | Modifiés<br>Résis. à la<br>chaleur | Normal        | الموصوفة    | الخاصة ( ٣ )              |             |
| جيد                         | وسط - جيد                          | جيد - وسط     | -           | نوعية النضج               |             |
| اصفرار خفيف                 | اصفرار خفيف                        | اصفرار        | -           | تأثير الطاقة المصهية      |             |
| معدوم                       | معدوم                              | معدوم         | -           | تأثير الانحلال المصهية    |             |
| معدوم                       |                                    | تأثير بالحم   | -           | تأثير المعامل المصهية     |             |
| -                           | ٢,٤ - ٢,٨٥                         | ٢,٦٥ - ٢,٤٥   | -           | ٦٠ Hz                     | ثابت المعدل |
| -                           | ٢,٢ - ٢,٤                          | ٢,٦٥ - ٢,٤    | -           | ١٠ <sup>3</sup> Hz        | الكهربائي   |
| ٥,٠٠٤ - ٥,٠٠٥               | ٥,٠٠٢ - ٥,٠٠٥                      | ٥,٠٠٣ - ٥,٠٠٠ | -           | ٦٠ Hz                     | على زاهية   |
| ٥,٠٠٤ - ٥,٠٠١               | ٥,٠٠٢ - ٥,٠٠٥                      | ٥,٠٠٣ - ٥,٠٠٠ | -           | ١٠ <sup>3</sup> Hz        | الانقلا     |
| ٢,٧ - ٢,٣                   | ١٧١٠ - ١٣١٠                        | ١٦١٠          | ohm-cm      | المقاومة النوعية المستمرة |             |
| ١٥ - ١٤                     | ٢٤ - ١٢                            | ٢٨ - ١٦       | Kv /mm      | العلاية الكهربائي         |             |

2 - Viniliques

الجدول ( ٣ )

| التطبيقات (١)                                                                                                                                                            | الخصائص                                                                                                                              | المميزات                                                                                                                                         | المادة        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| أنابيب ، أجناس مفرقة ،<br>تطبيقات ، خلطية بالهيكيل<br>.....<br>الحراري ، أغشية .....<br>بروفيلات ، صفائح ،<br>التي الولايات المتحدة يستعمل<br>لتوزيع الغاز الى المنازل ( | كثافة مرتفعة نسبيا ، هشة<br>بد درجات الحرارة المنخفضة ،<br>في عمليات الحقن يحتاج الى<br>اعتبارات ( مجال درجة حرارة<br>الحقن صغير ) . | صلب ، خبات جصي ، مقاومة<br>للتآكل ، لا يمتص الماء ، كتم<br>بالنسبة للغازات ، مبلوك جيد<br>للمحاليل الكيميائية ، سهل<br>البثق والتطكيل واللحام HF | PVC<br>rigide |
| أغطية أرضية ، عازل<br>للكابلات ولا سلاك الكهرباء ،<br>بروفيلات لينة وصلابة .....<br>أحذية ، مركبات قابلة للنفخ<br>(أغطية للمسابع ، للمخازن ،<br>لصالات الصاروخ .....)    | ضرورة استخدام مائع للاكسدة<br>لتجنب تآكل المدات ومانع<br>لانتقال المدات .<br>صعب الالتصاق .                                          | ليونة متناهية للكا وشوك .                                                                                                                        | PVC<br>souple |
| تغليف عند الملء طين<br>الساخن (المربيات .....)                                                                                                                           | هشاشة المدات                                                                                                                         | مقاومة حرارية واسعة ، غير<br>قابل للاشتعال .                                                                                                     | PVC - C       |

(١) : في الحقيقة تطبيقات هذه المادة كثيرة جدا ومن المصير حصرها والمذكور هنا بعضها .

| المادة :        | بولي كلورينيل PVC Polychlorure de vinyle |             |                     | المادة :                   |
|-----------------|------------------------------------------|-------------|---------------------|----------------------------|
| المادة :        | Souple                                   | Rigide      | الوحدة              | (١) الخواص                 |
| Polysulfone     |                                          |             | gr/cm <sup>3</sup>  | الكثافة المجموعية          |
| ١,٢٤            | ١,٣٥ - ١,١٦                              | ١,٤٥ - ١,٣٥ | %                   | ناقلية الضوء               |
| شفاف - غير شفاف | شفاف - غير شفاف                          | شفاف        | -                   | الكانمية للتطهرن           |
| -               | غير محددة                                | غير محددة   | %                   | انعاص الماء خلال ٢٤ / ساعة |
| ٠,٢٢            | ٠,٧٥ - ٠,١٥                              | ٠,٤ - ٠,٠٧  | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار على الشد    |
| ٧,٠٤            | ٢,٤٥ - ١,٠٥                              | ٦,٣ - ٣,٥   | %                   | التندب حتى الانهيار بالشد  |
| ١٠٠ - ٥٠        | ٤٥٠ - ٢٠٠                                | ٤٠ - ٢      | Kgf/mm <sup>2</sup> | معامل العرونة بالشد        |
| ٢٥٣             | -                                        | ٤٢٠ - ٢٤٥   | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار بالضغط      |
| ٢٦٠             | ١,١٩ - ٠,٦٣                              | ٩,١ - ٥,٦   | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار بالانحناء   |
| ١,٨             | -                                        | ١١,٢ - ٧    | mm / min            | انتشار اللهب               |
| اطفاء ذاتي      | بطي - اطفاء ذاتي                         | اطفاء ذاتي  | 10 <sup>-5</sup> °C | عامل التندب الخطسي الحراري |
| ٥,٦             | ٢٥ - ٧                                   | ١٨,٥ - ٥    |                     |                            |

تابع - الجدول ( ٧ ) Thermoplastique

| بولي سلفون  | Polychlorure de vinyle PVC | بولي كبريتينيل | الخاصة                                | (٢) الخصائص             |
|-------------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Polysulfone | Souple                     | Rigide         | الوحدة                                |                         |
| ١,٢         | ٤ - ٣                      | ٧ - ٣          | $10^{-4} \text{ cal/s/cm}^2/\text{C}$ | الناقلية الحرارية       |
| ٠,٣         | ٠,٥ - ٠,٣                  | ٠,٢٨ - ٠,٢     | $\text{cal/gr}/\text{C}$              | الحرارة النوعية         |
| ١٨٠         | -                          | ٧٤ - ٥٤        | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة الانحلال تحت |
| ١٧٤         | ٧٩ - ٦٦                    | ٧١ - ٤٩        | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة التماسك      |
| متناز       | جيد                        | وسط - جيد      | -                                     | ( حرارة مستقرة )        |
| ٣٩٩ - ٣٤٣   | ١٩٥ - ١٨٠                  | ٢٠٥ - ١٥٠      | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة التماسك      |
| ٣١٦ - ٢٨٨   | ١٨٠ - ١٤٠                  | ٢٠٥ - ١٤٠      | $^{\circ}\text{C}$                    | بالحقن                  |
|             |                            |                |                                       | بالضغط                  |
| ١٤١٠ - ١٠٥٠ | ١٧٥٠ - ٥٦٠                 | ٢٨٠٠ - ١٠٥٠    | $\text{Kg/cm}^2$                      | ضغط التماسك             |
| ٧,٣         | ١٤٠ - ٣٥                   | ١٤٠ - ١٠٥      | $\text{Kg/cm}^2$                      | بالحقن                  |
|             |                            |                |                                       | بالضغط                  |

المادة : بولي كلور فينيل PVC Polychlorure de vinyle

| بولي سلفون  | Souple             | Rigide             | الوحدة | الخواص (٣)                    |
|-------------|--------------------|--------------------|--------|-------------------------------|
| Polysulfone |                    |                    |        |                               |
| مثانز       | -                  | جيد جدا            | -      | نوعية التصنيع                 |
| -           | متشعبا تهما للملدن | اسمرار             | -      | تأثير الطاقة الشمسية          |
| -           | معدوم              | معدوم              | -      | تأثير الجوز الضعيفة           |
| -           | معدوم - خفيف       | معدوم              | -      | تأثير الجوز القوية            |
| -           | الحليل             | مقاوم لمعظم الحماض | -      | تأثير المحاليل المعقمة        |
| ٣,١٤        | ١-٥                | ٣,٦-٣,٢            | -      | ثابت المعدل 60 Hz             |
| ٣,١٣        | ٤-٤                | ٣,٢-٣              | -      | الكهربائي 10 <sup>3</sup> Hz  |
| ٠,٠٠٠٨      | ٠,١٥-٠,٠٨          | ٠,٠٢-٠,٠٠٧         | -      | ثابت زاهية 60Hz               |
| ٠,٠٠١١      | ٠,١٦-٠,٠٧          | ٠,٠١٧-٠,٠٠٩        | -      | ثابت زاهية 10 <sup>3</sup> Hz |
| ١٤١,٠ x ٥   | ١٣١٠-١١١٠          | ١٦١٠               | ohm-cm | القوة النوعية المستعرضة       |
| ١٥          | ٣٢-١١              | ٤٠-١١              | Kv /mm | العلاية الكهربائية            |

### 3 - Polyoléfines

الجدول ( ٨ )

| التطبيقات                                                                                                                                                                                                                                                                       | المساوي                                                                                                | الميزات                                                                                                                                                    | المادة |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| تغليف بشكل طبقات، حقائب<br>للمنتجات الغذائية والصناعية،<br>حلال تحمل ٥٥ كغ، إغلاق،<br>ورق اصطناعية، ألعاب طرية،<br>أقنية، أغلفة الكوابل التلفزيونية،<br>منتجات منزلية، في المزارع<br>والأبنية، في الدعاية.....                                                                  | قابل للتشقق بتمام الاجهاد،<br>غير ثابت حراريا، سريع<br>مختلف بالقبولية، صعب اللصق<br>لحامه HF مستعمل . | ليونية (بدون ملدنات)، مقاوم<br>للصدات وعليا غير قابل للكسر،<br>عدم النفوذ للماء، رخيص الثمن،<br>سهل القبولية والبيق ( مجال<br>واسع لدرجة حرارة التشكيل ) . | PEbd   |
| صناديق للزجاجات، صناديق<br>لنقل السلع، زجاجات حلب<br>مبسترة، قوارير المحاليل المنظفة،<br>غلب وكالونات لزيت المحركات،<br>قشرة التفوق الصغير ذو المجداف<br>أدوات تلج، انابيب ماء باقطار<br>كبيرة للمناطق الباردة وقطار<br>صغيرة لتوزيع الغاز المنزلي<br>(فرنسا)، براميل كبيرة سعة | قابل للاحتراق، تراجع<br>غير متجانس .                                                                   | خرواص بخسنة عن ال<br>صلب أو نصف صلب، نبات في<br>الحرارة والهريفة، نبات<br>كيميائي، أقل حساسية للتشقق<br>بتمام الاجهادات .                                  | PEhd   |

٢٠٠٠ لتر لتعمل محل البراميل المعدنية، خزانات وقود للسيارات ( قيد التجارب ) .  
الرصا البلاستيكي .



| التطبيقات                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | المساوي                                                                            | المميزات                                                                                                                                                                                                                                                                                          | المادة |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| خيوطه ، حبال ، حقائب بشكل<br>اشربة تعمل ١٠٠ كغم<br>التغليف للحالات المعقدة ،<br>كراسي للبحر والمقاهي ، قطع<br>كهربائية منزلية ( آلة غسل ،<br>aspirateur<br>ماص الهواء ،<br>مكانس كهربائية ، جلايات ) ،<br>قطع للسيارات ، القطع المختلفة<br>للحمامات ( بانوه ، مناسل ٠٠٠ ) ،<br>صافح ، اقلام ، طبقات<br>قشرية لكل الاستعمالات ، انابيب<br>للماء الساخن . . . . . | نفس مساوي PEhd مع ؛<br>هشاشة بد رجة الحرارة<br>المنخفضة ، التشكيل الكسر<br>صعوبة . | خواص ميكانيكية جيدة ، صلابة ،<br>مقاومة للتآكل ، مقاومة ممتازة<br>للانحطاف ، ثبات بالحرارة<br>المرتفعة ( حوالي ١١٠ °C ) ،<br>المحافظة على الخواص حتى<br>درجة حرارة الانحطاف ، خواص<br>كهربائية جيدة ، مقاومة كيميائية<br>جيدة ، انعدام التشقق تحت<br>تأثير الاجهادات ، كثافته<br>ضعيفة ( ٠,٩٠ ) . | pp     |
| زجاجات الحليب المبستر .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | PEhd و PEbd                                                                        | خواص وسطية بين                                                                                                                                                                                                                                                                                    | PEmd   |



Thermoplastique ( ٩ ) الجدول

| Polyéthylènes   |                        | PE               | بطني اختبارين        | المادة :                       |
|-----------------|------------------------|------------------|----------------------|--------------------------------|
| Moyenne densité | Qualité fils et câbles | Qualité moulage  | الوحدة :             | الخواص (١)                     |
| ٠,٩٤ - ٠,٩٢٦    | ١,٤٠ - ٠,٩٣            | ١,٤٥ - ٠,٩٥      | g/cm <sup>3</sup>    | الكتلة الحجمية                 |
| شفاف - غير شفاف | شفاف - غير شفاف        | شفاف - غير شفاف  | %                    | ناظمية الضوئية                 |
| -               | -                      | -                | -                    | امكانية الطحن                  |
| ٠,٠١            | -                      | -                | %<br>سكالة<br>مم ٩,٤ | انعكاس الماء خلال<br>٢٤ / سافة |
| ١,٤٥ - ٠,٨٤     | ٢,١٧ - ١,٠٥            | ٣,١٥ - ١,٤       | kg/mm <sup>2</sup>   | اجهاد الانهيار طي الشد         |
| ٦٠٠ - ٥٠        | ٦٠٠ - ١٨٠              | ٢٢٥ - ١٥         | %                    | التمدد حتى الانهيار<br>بالضبط  |
| ٣٨٥ - ١٧٥       | -                      | ٣٥٠ - ٣٥         | kg/mm <sup>2</sup>   | معامل المرونة بالضبط           |
| -               | -                      | ٣,٨٥ - ١,٤       | kg/mm <sup>2</sup>   | اجهاد الانهيار بالضبط          |
| -               | -                      | ٩,٥٥ - ١,٤       | kg/mm <sup>2</sup>   | اجهاد الانهيار بالاثناء        |
| بطني جدا        | بطني                   | بطني جدا - اطاقه | mm / min             | انتشار اللهب                   |
| ١٦ - ١٤         | ٣٥ - ١٠                | ٣٥ - ١٠          | 10 <sup>-5</sup> °C  | عامل التمدد الخطي<br>الحراري   |

تابع - الجدول ( ١ ) Thermoplastique

| Polyéthylènes   |                        | PE              | مطلي ايتيلين                    | سادة                                 | المس                                 |
|-----------------|------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Moyenne densité | Qualité fils et câbles | Qualité moulage | الوحدة                          | ( ٢ )                                | الخصائص                              |
| ١٠ - ٨          | -                      | -               | $10^{-4} \text{ cal/s/cm}^2$    | الناظمية المولدة                     | الناظمية المولدة                     |
| ٠,٥٥            | -                      | -               | $\text{cal/gr}^{\circ}\text{C}$ | الحساسة                              | الحساسة                              |
| ٧٤ - ٤١         | -                      | ٧١ - ٣٨         | $^{\circ}\text{C}$              | درجة حرارة الانحواء تحت ضغط          | درجة حرارة الانحواء تحت ضغط          |
| ١٢١ - ١٠٤       | ١٣٥                    | ١٣٥             | $^{\circ}\text{C}$              | درجة حرارة المقاومة ( حرارة مستقرة ) | درجة حرارة المقاومة ( حرارة مستقرة ) |
| جيدة جدا        | -                      | جيدة جدا        | -                               | الكامنة القوية                       | الكامنة القوية                       |
| ٣٧١ - ٢٠٠       | -                      | ١٤١ - ١٢١       | $^{\circ}\text{C}$              | درجة حرارة القوية                    | درجة حرارة القوية                    |
| ١٩٠ - ١٤٩       | -                      | ١٣٢ - ١١٦       | $^{\circ}\text{C}$              | بالضغط                               | بالضغط                               |
| ١١٠٠ - ٥٦٠      | -                      | -               | $\text{Kg/cm}^2$                | فصل القوية                           | فصل القوية                           |
| ٥٦ - ٧          | -                      | ٥٦ - ٧          | $\text{Kg/cm}^2$                | بالضغط                               | بالضغط                               |

تايح - الجدول ( ٩ ) Thermoplastique

| Polyéthylènes   |                        | PE               | بولي ايثيلين | البياتنة                     |
|-----------------|------------------------|------------------|--------------|------------------------------|
| Moyenne densité | Qualité fils et câbles | Qualité moulage  | الوحدة       | المعيار (٣)                  |
| جيد             | جيد - جيد جدا          | -                | -            | نوعية التصفية                |
| الغير محمي يتشق |                        |                  | -            | تأثير الطاقة الضمنية         |
|                 |                        | مقاوم جيد        | -            | تأثير الهواء الضمنية         |
|                 |                        | مقاوم قسري بالحد | -            | تأثير الحوض القوي            |
| مقاوم دون ٦٠ م  | ٨٠ حرارة               | مقاوم دون درجة   | -            | تأثير المعاليل المعوية       |
| ٢,٣٥ - ٢,٢٥     | ٧,٦ - ٢,٢٨             | -                | -            | ثابت المعدل 60 Hz            |
| ٢,٣٥ - ٢,٢٥     | ٧,٤ - ٢,٢٧             | -                | -            | الكهربائي 10 <sup>3</sup> Hz |
| ٠,٠٠٠٥          | ٠,٠٤٤ - ٠,٠٠٣          | -                | -            | ظلال زاهية 60 Hz             |
| ٠,٠٠٠٥          | ٠,٠٤٩ - ٠,٠٠٠٤٨        | -                | -            | الفقد 10 <sup>3</sup> Hz     |
| ١٦١٠            | -                      | -                | ohm-cm       | القاومة النوية المستمرة      |
| ٤٠ - ١٨         | ٥,٦٨ - ١,٢             | -                | Kv /mm       | الحلاية الكهربائي            |

| Polyamides       |                    | « PA »           |  | بولياميد            | المساحة                     |  |
|------------------|--------------------|------------------|--|---------------------|-----------------------------|--|
| Type 11          | 20-40% f. de Verre | Nylon Type 6/6   |  | الوحدة              | الخواص (١)                  |  |
| ١,٠٤             | ١,٥٢ - ١,٣         | ١,١٥ - ١,٠٩      |  | g/cm <sup>3</sup>   | الكثافة التجميعة            |  |
| شفاف             | نصف شفاف           | شفاف             |  | %                   | ناقلية الضوء                |  |
| غير محدد         | -                  | غير محدد         |  | -                   | امكانية التلطيخ             |  |
| ١ - ٠,٥          | ١١ - ٠,٢           | ١,٥ - ١          |  | %                   | امتصاص الماء خلال ساحة / ٢٤ |  |
| ٦ - ٤,٨          | ٢٤,٦٠ - ١,٨٤       | ٧,٦ - ٤,٩        |  | KG/mm <sup>2</sup>  | اجهاد الانهيار على الشد     |  |
| ٣٠٠ - ٧٠         | ٦ - ١,٥            | ٣٢٠ - ٢٠٠        |  | %                   | التمدد حتى الانهيار بالشد   |  |
| ١٥٠ - ٦٠         | ١٢٧٠ - ٦٠٥         | ٢٨٠ - ١٨٣        |  | KG/mm <sup>2</sup>  | معامل المرونة بالشد         |  |
| ١٠ - ٦           | -                  | ١,١ - ٥          |  | KG/mm <sup>2</sup>  | اجهاد الانهيار بالضغط       |  |
| -                | ٢٨,١ - ١٢,٧        | ٩,٧ - ٥,٦        |  | KG/mm <sup>2</sup>  | اجهاد الانهيار بالانحناء    |  |
| بطي - اطلاق ذاتي | بطي - اطلاق ذاتي   | بطي - اطلاق ذاتي |  | mm / min            | انتشار اللهب                |  |
| ١١               | ٣,٢ - ١,٢          | ١٤,٥ - ١١        |  | 10 <sup>-5</sup> °C | عامل التمدد الخطي الحراري   |  |

Thermoplastique ( ١٠ ) تابع - الجدول -

| Polyamides |                    | PA , بولاميد   |                                       | المادة                               |  |
|------------|--------------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Type 11    | 20-40% f. de Verre | Nylon Type 6/6 | الوحدة                                | (٢) الخصائص                          |  |
| ٧          | ١,٧ - ١,٥          | ٦ - ٥          | $10^{-4} \text{ cal/s/cm}^2/\text{C}$ | الناقلية الحرارية                    |  |
| ٠,٥٨       | ٠,٢٥ - ٠,٢         | ٠,٥٦ - ٠,٥٥    | $\text{cal/cm}^2/\text{C}$            | الحرارة الانصهارية                   |  |
| -          | ٢٦٦ - ٢٥٨          | ٩٣             | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة الانحناء تحت حمل          |  |
| -          | ٢٠٤ - ١٤٩          | ٢٢٦            | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة المقاومة ( حرارة مستمرة ) |  |
| جيد جدا    | متناز              | جيد جدا        | -                                     | الكامنة القلبية                      |  |
| -          | ٣٥٤ - ٢٦٠          | ٢٨٢ - ٢٤٣      | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة القلبية                   |  |
| -          | -                  | -              | $^{\circ}\text{C}$                    | بالحقن                               |  |
| -          | -                  | -              | -                                     | بالضغط                               |  |
| ١٥٠٠ - ٥٠٠ | ٢٨١٠ - ١٠٥٠        | ١٧٥٠ - ٧٠٠     | $\text{Kg/cm}^2$                      | ضغط القلبية                          |  |
| -          | -                  | -              | $\text{Kg/cm}^2$                      | بالحقن                               |  |
| -          | -                  | -              | -                                     | بالضغط                               |  |

| Polyamides              |                              | PA . بولياميد           |        | المادة :                | الم                |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------------------|
| Type 11                 | 20-40% f. de Verre           | Mylon Type 6/6          | الوحدة | ( ٣ )                   | الم                |
| جهد جدا                 | وسط                          | جهد جدا                 | -      | نوصية التصنيع           | جهد                |
| -                       | مقاومة                       | مقاومة تغير اللون خفيف  | -      | تأثير الطاقة الشمسية    | تأثير              |
| تؤثر                    | تؤثر                         | تؤثر                    | -      | تأثير الحواف الضعيفة    | تأثير              |
|                         |                              |                         | -      | تأثير للصوف القوي       | تأثير              |
| مقاومة للمحاليل العادية | مقاومة لحطم المحاليل العادية | مقاومة للمحاليل العادية | -      | تأثير المحاليل المعوية  | تأثير              |
| -                       | ٤,٦ - ٤                      | ٤,٦ - ٤,١               | -      | ثابت المعدل             | ٦٠ Hz              |
| ٣,٣ - ٣,٢               | ٤,٤ - ٣,٩                    | ٤,٥ - ٤                 | -      | الكهربائي               | ١٠ <sup>٣</sup> Hz |
| -                       | ٠,٠٢٥ - ٠,٠١٨                | ٠,٠٤ - ٠,٠١٤            | -      | شكل زاهية               | ٦٠ Hz              |
| ٠,٠٣                    | ٠,٠٢٥ - ٠,٠٢٠                | ٠,٠٤ - ٠,٠٢             | -      | القدرة                  | ١٠ <sup>٣</sup> Hz |
| ١٣١٠ x ٦                | ١٥١٠ x ٥٥ - ١٥٣              | ١٤١٠ - ١٣١٠             | ohm-cm | القاوة النزوية المستمرة | القاوة             |
| ٢٥                      | ٢٠,١ - ١٦,٣                  | ٢١ - ٢٤                 | Kv/mm  | الحلاية الكهربائي       | الحلاية            |



الجدول ( ١١ ) 1- Phénoplastes et Aminoplastes

| المادة | المميزات                                                                                                                                                                                                                                                                                 | المساوي                                                                                                                                                                    | التطبيقات                                                                                                                   |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PF     | الخواص تكون تابع للحمل المستعمل<br>(ا ميات) ثبات حراري ، ثبات<br>حجمي (ارد واز) ، (غرافيتي)<br>احتكاك ، (ميكا) ثبات حراري بالمجال<br>(130 - 180 °C) للسطح :<br>مقاومة للتشوه الهطلي ، والتآكل ،<br>سطح صلب وناعم ، عزل كهربائي ،<br>اطفا ، زاتي ، سعر منخفض ،<br>يستعمل مع المعـبـاد ن . | اللون غامقة فقط ، راحة<br>غير جيدة ، لا يصلح<br>للاستخدامات المتعلقة<br>بالغذاء ، دورة التصنيع<br>طويلة للبيرة المحملة بالاميات<br>او الغرافيت (التسخين<br>السبق مستحيل) . | عازل كهربائي ، موثر الحرارة<br>بالسيارة ، مقايض للمكاي<br>والطناجير ، قطع ميكانيكية<br>تتمرض باستمرار للحرارة<br>المرتفعة . |
| UF     | مقاومة للتآكل ، عدم الرائحة ،<br>اطفا ، زاتي ، سعر منخفض .                                                                                                                                                                                                                               | ثبات ميكانيكي ضعيف ،<br>حساس للما ، غير غذائي<br>ترجيع مهم .                                                                                                               | قواطع كهربائية ، ما خند<br>والتيار ، استعمالات صحية ،<br>سدادات للمعطير .                                                   |
| MF     | خواص UF ، مقاومة ميكانيكية جيدة<br>عدم النفوذ للرطوبة والذبيات ،<br>ثبات حجمي ، عزل كهربائي ، اللون<br>جميلة ، صالح للاستعمالات الغذائية                                                                                                                                                 | سعر مرتفع ، ضغط قلبية<br>مرتفع ، القوالب باهظة<br>التكاليف ( NI-Cr )<br>مطلية بالكروم .                                                                                    | صحون ، اواني مختلفة ،<br>حاجيات واغراض معدة للدعاية<br>(صحون السكاير مثلا) . . . .                                          |

| Phénoplastes             |                      | PF                 | فينبلاست | المادة :            |                                |
|--------------------------|----------------------|--------------------|----------|---------------------|--------------------------------|
| Char.farine de bois P 21 | Charge minérale P 12 | Résine non chargée |          | الوحدة              | الخواص (١)                     |
| ١,٤٠ - ١,٣٥              | ١,٨ - ١,٥            | ١,٣٠ - ١,٢٥        |          | gr/cm <sup>3</sup>  | الكثافة                        |
| غير شفاف                 | غير شفاف             | شفاف               |          | %                   | ناقلية الضوء                   |
| محددة                    | محددة جدا            | محددة              |          | -                   | امكانية الطحن                  |
| ٠,٥ - ٠,١                | ٠,١ - ٠,٠٥           | ٠,٢ - ٠,١          |          | %<br>سكات<br>مم     | انحماش الماء خلال<br>٢٤ / ساعة |
| ٦ - ٧,٥                  | ٧ - ٢,٨              | ٥,٦ - ٤,٩          |          | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار طي الشد         |
| -                        | -                    | ١,٥ - ١            |          | %                   | التدور حتى الانهيار<br>بالشد   |
| ١٥٠ - ٧٠٠                | ٧٠٠٠ - ٨٠٠           | ٧٠٠ - ٣٨٥          |          | Kgf/mm <sup>2</sup> | معامل المرونة بالشد            |
| ٢٦ - ١٤                  | ٤٥ - ١٢              | ٣٠ - ٧             |          | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار بالضغط          |
| ١١ - ٧                   | ٩ - ٧                | ١٠,٥ - ٨,٤         |          | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار بالانحناء       |
| اطفاء ذاتي               | معدوم                | ضعيف جدا           |          | mm / min            | انتشار اللهب                   |
| ٥ - ١                    | ٨ - ١,٥              | ٦ - ٢,٥            |          | 10 <sup>-5</sup> °C | عامل التدور الخطي<br>الحراري   |



تابع - الجدول ( ١٢ ) Thermodurcissable

| Phénoplates <sup>S</sup>   |                      | PF                 | فيهلست | الدرجة                              | الخواص (٢)                             |
|----------------------------|----------------------|--------------------|--------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| Charge farine de bois P 21 | Charge minérale P 12 | Résine non chargée |        | الوخدة                              |                                        |
| ٧ - ١                      | ١٦ - ٦               | ١ - ٣              |        | $10^{-4} \text{ cal/cm}^2/\text{C}$ | الناظمية الحرارية                      |
| ٠,٤ - ٠,٣                  | ٠,٣٨ - ٠,٢           | ٠,٤٢ - ٠,٣٨        |        | $\text{cal/cm}^2/\text{C}$          | الحرارة النوصية                        |
| ١٣٠                        | ١٧٠                  | ١٢٧ - ١١٦          |        | $^{\circ}\text{C}$                  | درجة حرارة الانحنا تحت حمل             |
| ١٢٠                        | ١٨٠                  | ١٢١                |        | $^{\circ}\text{C}$                  | درجة حرارة القاطاوصية ( حرارة مستقرة ) |
| جود جدا                    | وسط - جيد            | وسط                |        | -                                   | الماكثية القلوبية                      |
|                            |                      |                    |        |                                     | درجة حرارة القلوبية                    |
| -                          | -                    | -                  |        | $^{\circ}\text{C}$                  | بالحلق -                               |
| ١٨٠ - ١٥٠                  | ١٧٠ - ١٥٠            | ١٦٠ - ١٣٢          |        | $^{\circ}\text{C}$                  | بالضغط -                               |
|                            |                      |                    |        |                                     | ضغط القلوبية                           |
| -                          | -                    | -                  |        | $\text{Kg/cm}^2$                    | بالحلق -                               |
| ٣٠٠ - ٢٥٠                  | ٤٠٠ - ٢٥٠            | ٢٨٠ - ١٤٠          |        | $\text{Kg/cm}^2$                    | بالضغط -                               |

تابع - الجدول ( ١٢٠ ) Thermodurcissable

| Phénoplastes               | PF                   | توصيفات            | التي   | التي                         |
|----------------------------|----------------------|--------------------|--------|------------------------------|
| Charge farine de bois P 21 | cCharge minérale P12 | Résine non chargée | التي   | التي                         |
| جودة                       | وسط                  | وسط                | -      | نوصية التفتيش                |
| استمرار سطحي               | استمرار عام          | استمرار سطحي خفيف  | -      | تأثير الطاقة الشمسية         |
| معدوم - طفيف               | معدوم - طفيف         | معدوم - طفيف       | -      | تأثير الحوض الضعيفة          |
| معدوم صويا                 | معدوم صويا           | معدوم              | -      | تأثير الحوض القوية           |
| ١ - ٥                      | ٧,٥ - ٧,١            | ٦,٥ - ٥            | -      | تأثير المحاليل المفضية       |
| ١,٢ - ٤,٤                  | ٦,٠ - ٦,٩            | ٦ - ٤,٥            | -      | ثابت المزل 60 Hz             |
| ٠,٢ - ٠,٠٥                 | ٠,٥ - ٠,٠٥           | ٠,١ - ٠,٠٦         | -      | الكهربائي 10 <sup>3</sup> Hz |
| ٠,٢ - ٠,٠٤                 | ٠,٥ - ٠,٠٢           | ٠,٠٨ - ٠,٠٢        | -      | ظل زاهية 60Hz                |
| ١٢,١٠ - ٦,١٠               | ١٤,١٠ - ١٠,١٠        | ١٢,١٠ - ١١,١٠      | -      | الفقد 10 <sup>3</sup> Hz     |
| ١٧ - ٨                     | ١٤ - ٢               | ١٦ - ١٢            | ohm-cm | المقاومة النوعية المستمرة    |
|                            |                      |                    | Kv/mm  | الحلاية الكهربائي            |

Thermodurcissable ( ١٣ ) الجدول

| Mélamine-formaldéhyde | MF              | Non chargée | الوحدة              | ملاحظة :                      |
|-----------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|
| Charge amiante        | Charge f. Verre |             |                     | الخواص ( ١ )                  |
| ٢ - ١,٧               | ٢ - ١,٨         | ١,٤٨        | gf/cm <sup>3</sup>  | الكثافة الجبرية               |
| غير شفاف              | غير شفاف        | افش         | %                   | ناظمية الفسفرة                |
| محددة                 | -               | -           | -                   | الكانتية الطورية              |
| ٠,١٤ - ٠,٠٨           | ٠,٢١ - ٠,٠٩     | ٠,٥ - ٠,٣   | %                   | انحصاص الماء خلال ساعة / ٢٤ / |
| ٤,٩٠ - ٣,٨٥           | ٧ - ٣,٥         | -           | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار على الشد       |
| ٠,٤٥ - ٠,٣            | -               | -           | %                   | التمدد حتى الانهيار بالضغط    |
| ١١٢٠                  | ١١٨٠            | -           | Kgf/mm <sup>2</sup> | معامل المرونة بالضغط          |
| ٢١                    | ٢٤,٥ - ١٤       | ٣١,٥ - ٢٨   | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار بالضغط         |
| ٧,٧ - ٦,٣             | ١٦,١ - ١٠,٥     | ٧,٧         | Kgf/mm <sup>2</sup> | اجهاد الانهيار بالانحناء      |
| معدوم                 | الحفاظ ذاتي     | الحفاظ ذاتي | mm / min            | انتشار اللهب                  |
| ٤,٥ - ٢               | ١,٧ - ١,٥       | -           | 10 <sup>-5</sup> °C | عامل التمدد الخطي الحراري     |

Thermodurcissable ( ١٣ ) تابع - الجدول

| مادة                  | ملاحظات         | MF             | Non chargée | الوحدة                                | ( ٢ ) الخصائص                       |
|-----------------------|-----------------|----------------|-------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Mélamine-formaldéhyde | Charge f. Verre | Charge amiante |             |                                       |                                     |
|                       | ١١,٥            | ١٧ - ١٢        | -           | $10^{-4} \text{ cal/s/cm}^2/\text{C}$ | الناظمية الحوامل                    |
|                       | -               | -              | -           | $\text{cal/cm}^2/\text{C}$            | الحرارة النوعية                     |
|                       | ٢٠٤             | ١٦٥            | ١٤٨         | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة الانحنا تحت ضغط          |
|                       | ٢٠٤ - ١٤٩       | ١٧٠ - ١٢٠      | ٩٩          | $^{\circ}\text{C}$                    | درجة حرارة التناقص ( حرارة مستقرة ) |
|                       | جيد             | جيد جدا        | جيد         | -                                     | الكانية القليلة                     |
|                       |                 |                |             |                                       | درجة حرارة القليلة                  |
|                       | -               | -              | -           | $^{\circ}\text{C}$                    | بالحقن                              |
|                       | ١٧١ - ١٢٨       | ١٨٠ - ١٣٥      | ١٦٥ - ١٤٩   | $^{\circ}\text{C}$                    | بالضغط                              |
|                       |                 |                |             |                                       | ضغط القليلة                         |
|                       | -               | -              | -           | $\text{Kg/cm}^2$                      | بالحقن                              |
|                       | ٥٦٠ - ١٤٠       | ٢٠٠ - ٢٠٠      | ٢٥٠ - ١٤٠   | $\text{Kg/cm}^2$                      | بالضغط                              |

Thermodurcissable ( ١٣ ) تابع - الجدول

| Mélamine-formaldéhyde |                 | MF                | ملاصين - فورميك | ملاص : ( ٣ )       | الخواص ( ٣ )              |
|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| Charge amiante        | Charge f. Verre | Non chargée       | الوعدة          | الخواص ( ٣ )       | الخواص ( ٣ )              |
| وسط                   | جهد             | -                 | -               | -                  | نوصية التصنيع             |
| تغير لون خفيف         | خفيف            | احتفال تغير اللون | -               | -                  | تأثير الطاقة الشمسية      |
| معدوم - خفيف          | معدوم           | معدوم - خفيف      | -               | -                  | تأثير الحوض الضعيفة       |
| تحلل                  | تحلل            | -                 | -               | -                  | تأثير الحموض القوية       |
| معدوم                 | معدوم           | معدوم             | -               | -                  | تأثير المعاليل المصهية    |
| ١٠,٢ - ٦,٤            | ١١,١ - ٩,٧      | -                 | -               | 60 Hz              | ثابت المسـزل              |
| ١                     | -               | -                 | -               | 10 <sup>3</sup> Hz | الكهربائي                 |
| ٠,١٧ - ٠,٠٧           | ٠,٢٣ - ٠,١٤     | -                 | -               | 60 Hz              | ظليل زاحـدة               |
| ٠,٠٧                  | -               | -                 | -               | 10 <sup>3</sup> Hz | النقـد                    |
| ١٣,١٠                 | ١١,١٠           | -                 | -               | ohm-cm             | القائمة النوصية المستعرضة |
| ١٦ - ١٤               | ١٢ - ٦,٨        | -                 | -               | Kv /mm             | الحلاية الكهربائية        |

الجدول ( ١٤ ) Thermodurcissable

| Epoxydes                          |                     | EP                     | إيبوكسيد                  | المبياتريد                    |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Enrobage<br>Charge minérale       | moulage<br>f. Verre | coulées<br>non chargée | الوحدة                    | الخواص (١)                    |
| ٢,١ - ١,٧                         | ٢ - ١,٦             | ١,٤ - ١,١١             | gr/cm <sup>3</sup>        | الكتلة الحجمية                |
| غير شفاف                          | غير شفاف            | نصف شفاف               | %                         | ناظمية الشفافية               |
| -                                 | -                   | -                      | -                         | الكانمية الطيفية              |
| ٠,٢ - ٠,٠٣                        | ٠,٢ - ٠,٠٥          | ٠,١٥ - ٠,٠٨            | %<br>سم <sup>٢</sup> / مم | اشخاص الماء خلال<br>٢٤ / ساعة |
| ٧ - ٢,٨                           | ٢١ - ٧              | ١,١ - ٢,٨              | KG/mm <sup>2</sup>        | اجهاد الانهيار على الشد       |
| -                                 | ٤                   | ٦ - ٣                  | %                         | التمدد حتى الانهيار<br>بالشد  |
| -                                 | ٢١٢٨                | ٢٤٥                    | KG/mm <sup>2</sup>        | معامل المرونه بالشد           |
| ٢١ - ١٢,٦                         | ٢٨ - ١٧,٥           | ١٧,٥ - ١٠,٥            | KG/mm <sup>2</sup>        | اجهاد الانهيار بالضغط         |
| ١٠,٥ - ٤,٢                        | ٤,٢ - ٧             | ١٤,٧ - ٩,٣             | KG/mm <sup>2</sup>        | اجهاد الانهيار بالانحناء      |
| اطفاء ذاتي -<br>غير قابل للاشتعال | اطفاء ذاتي          | بطي                    | mm / min                  | انتشار اللهب                  |
| ٦ - ٣                             | ٣,٥ - ١,١           | ٦,٥ - ٤,٥              | 10 <sup>-5</sup> °C       | عامل التمدد الخطي<br>الحراري  |



تابع - الجدول (١٤) Thermodurcissable

| Epoxydes        |                  | المركب             | الخواص                          | المركب                               |
|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Charge minérale | moulage f. Verre | coulee non chargée | الوحدة                          | الخواص (٢)                           |
| ١٠ - ٤          | ١٠ - ٤           | -                  | $10^{-4} \text{ cal/s/cm}^2$    | الناقلية الحرارية $^{\circ}\text{C}$ |
| -               | ٠,١١             | ٠,٢٥               | $\text{cal/gr}^{\circ}\text{C}$ | الحرارة النوعية                      |
| ٢٣٢ - ١٠٧       | ٢٦٠ - ١٢١        | ٢٨٨ - ٤٦           | $^{\circ}\text{C}$              | درجة حرارة الانحلال تحت              |
| ٢٣٢ - ١٤٩       | ٢٦٠ - ١٤٩        | ٢٨٨ - ١٢١          | $^{\circ}\text{C}$              | درجة حرارة التصلب (حرارة مستقرة)     |
| جيد - جيد جدا   | جيد جدا          | -                  | -                               | المكثبة القلبية                      |
| -               | -                | -                  | $^{\circ}\text{C}$              | درجة حرارة القلبية                   |
| ١٦٥ - ١٢١       | ١٦٥ - ١٤٩        | -                  | $^{\circ}\text{C}$              | - بالحقن                             |
| -               | -                | -                  | -                               | - بالضغط                             |
| -               | -                | -                  | $\text{Kg/cm}^2$                | ضغط القلبية                          |
| ٧٠ - ٣٥         | ٣٥٠ - ٢١         | -                  | $\text{Kg/cm}^2$                | - بالحقن                             |
| -               | -                | -                  | $\text{Kg/cm}^2$                | - بالضغط                             |

تابع - الجدول ( ١٤ ) -  
Thermodurcissable

| Epoxydes        |                  | Epoxydes           |        | المادة             |                           |
|-----------------|------------------|--------------------|--------|--------------------|---------------------------|
| Enrobage        | moulage f. Verre | coulée non chargée | الوحدة | المواصفات ( ٣ )    |                           |
| Charge minerale |                  |                    |        |                    |                           |
| مقبول - جيد     | مقبول - جيد      | جيد                | -      |                    | نوعية التغليف             |
| خفيف            | خفيف             | معدوم              | -      |                    | تأثير الطاقة المنخفضة     |
| معدوم           | معدوم            | معدوم              | -      |                    | تأثير الحوض الضعيفة       |
| خفيف            | يمكن اتماله      | يتأثر ببعض الحوض   | -      |                    | تأثير الحوض القوية        |
| خفيف            | معدوم            | مقاوم              | -      |                    | تأثير المحاليل المعقمة    |
| ٥ - ٣,٥         | ٥ - ٣,٥          | ٥ - ٣,٥            | -      | 60 Hz              | ثابت المعدل               |
| ٥ - ٣,٥         | ٥ - ٣,٥          | ٤,٥ - ٣,٥          | -      | 10 <sup>3</sup> Hz | الكهربائي                 |
| ٠,٠١            | ٠,٠١             | ٠,٠١ - ٠,٠٠٢       | -      | 60 Hz              | ظلم زاهية                 |
| ٠,٠١            | ٠,٠١             | ٠,٠٢ - ٠,٠٠٢       | -      | 10 <sup>3</sup> Hz | الفلد                     |
| ١٤١٠            | ١٤١٠             | ١٧١٠ - ١٢١٠        | ohm-cm |                    | المقاومة النجوم المستعرضة |
| ١٦ - ١٠         | ١٦ - ١٢          | ٢٠ - ١٦            | Kv/mm  |                    | الحلاية الكهربائي         |



| انكليزي               | فرنسي                |                     |
|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Astate                | Etat A               | الحالة              |
| Abrupt melting        | Fusion franche       | انصهار واضح         |
| Absorption speed      | Vitesse d'absorption | سوية الامتصاص       |
| Aerohydraulic battery | Accumulateur         | مُدخِرة             |
| Ageing                | Vieillissement       | تقدم الزمن (تعتيق)  |
| Alterned constraint   | Contrainte alternée  | اجهاد متناوب        |
| Artificial resin      | résine artificielle  | رزين اصطناعي        |
| Autogeneous weld      | soudure autogène     | لحام ذاتي           |
| Backing plate         | plateau de fixation  | صفحة التثبيت        |
| Blank                 | Flan                 |                     |
| Block press           | Presse à bloc        | ضغط بكلة            |
| Blowing               | Soufflage            | نفخ                 |
| Bunch                 | grappe               | نتوء                |
| Bridge                | Pont                 | جسر                 |
| Calender              | Calandre             | اداة اسطوانية للمقل |
| Caloric plate         | Plateau calorifère   | صفحة مولدة للحرارة  |
| Cast film             | Film coulé           | شريط صلب            |
| Cast moulding         | Moulage par coulée   |                     |
|                       |                      | قولب بالصب          |
| Catalyst              | Catalyseur           | مادة محفزة          |
| Chemical plasticizing | Plastage chimique    | ملدن كيميائي        |

|                      |                         |                                                |
|----------------------|-------------------------|------------------------------------------------|
| Chroming plated      | Chromé                  | مطلبي بالكروم                                  |
| Coating              | Enduction               | طلاء ، طبقة خارجية                             |
| Cold creep           | Fluage à froid          | تشوه بطبيء بالبرودة                            |
| Colle setting glue   | Colle à froid           | الصاق بالبرودة                                 |
| Compression moulding | Moulage par compression | القولبــــــــــــــــــــــــــــــــة بالضغط |
| Counter draft        | Contre-dépouille        |                                                |
| Creep                | Fluage                  | تشوه بطــــــــــــــــــــــــــــــــي       |
| Cutting              | Découpage               | قطــــــــــــــــــــــــــــــــع            |
| Deflection           | Flèche                  | انحراف                                         |
| Design of the abject | Dessin de l'objet       | تخطيط للقطــــــــــــــــــــــــــــــــعة   |
| Dielectric loss      | Perte diélectrique      | الكهربائي<br>ضياع العزل                        |
| Dimensional          | Dimensionnel            | بعدي                                           |
| Direct gate          | Entrée directe          | مدخل مباشر                                     |
| Double press         | Presse double           | ضغط مضاعف                                      |
| Dowel bush           | Douille                 | غلاف ، تجويف ، وصلة                            |
| Draft                | Dépouille               |                                                |
| Dynamic constraint   | Contrainte dynamique    | اجهاد<br>ديناميكي                              |
| Ejection control     | Commande d'éjection     | متحكم<br>بقذف القطعة                           |
| Ejection plate       | Plateau de démoulage    | صفحة<br>اخراج القطعة                           |
| Ejection rod         | Tige d'éjection         | ساق لقذف القطعة                                |
| Ejector pin          | Ejecteur                | قاذف لافظ                                      |

|                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| Elastic limite or=yield point= | حدود المرونة            |
| Limite élastique               |                         |
| Elasto-plastic hardness        | Dureté élasto-plastique |
| Engraving                      | Gravure                 |
| Escaping mould                 | Moule à échappement     |
| Expanded energy                | Energie de remontée     |
| Expansion                      | Dilatation              |
| Extruded sheet                 | Feuille extrudée        |
| Extrusion machine              | Boudineuse              |
| Filling press                  | Presse à filer          |
| Fillers                        | Charges                 |
| Film glue                      | Film de colle           |
| Flash                          | Bavure                  |
| Flash land                     | Toile                   |
| Flat molecule                  | Molécule plate          |
| Forced impression              | Empreinte forcée        |
| Formed laminate                | Stratifié formé         |
| Forming pressure               | Pression de formage     |
| Friction work                  | Travail de frottement   |
|                                | عمل الاحتكاك            |
| Glueing                        | Collage                 |
| Gradual melting                | Fusion pâteuse          |
|                                | انصهار عجيني            |

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| Hand operated mould     | قالب يدوى                      |
| Moule à main            |                                |
| Hard chromium plating   | تلبيس كرومي صلب                |
| Chromage dur            |                                |
| Hardness                | Dureté القساوة                 |
| Heating pot             | Pot de chauffage وعاء التسخين  |
| High elasticity         | Haute élasticité مرونة عالية   |
| High polymer            | Haut polymère بوليمير عالي     |
| Hob                     | Poinçon أداة ضاغطة             |
| Holes                   | Trous ثقب                      |
| Hot setting glue        | Colle à chaud الصاق على الساخن |
| Impressing              | Estampage طبع ، ختم            |
| Impression              | Empreinte طبعة                 |
| Impression block        | Matrice نواة                   |
| Impression gate         | Entrée d'empreinte مدخل الطبعة |
| Injection cylinder      | Pot d'injection وعاء الحقن     |
| Injection force         | Force d'injection قوة الحقن    |
| Inlaying                | Incrustation تغشية ، تغشية     |
| Insulation strength     | مقاومة العزل                   |
| Résistance d'isolement  |                                |
| Insulator               | Isolant عازل                   |
| Jelly                   | Gelée صقيع ، مجمدة             |
| Joint by closing        |                                |
| Joint par rapprochement |                                |

|                                |                      |                    |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| Laminated ( stratified plates) | Plaquas stratifiées  | صفائح منضدة        |
| Laminated preform              | Préforme stratifiée  | منضد<br>تكوين مسبق |
| Laminated sheet                | Feuille stratifiée   | ورقة منضدة         |
| Land                           | Appui                | دعم ، سند ، حماية  |
| Leaks                          | Fuites               | تسريب              |
| Limit constraint               | Limite de contrainte | حدود الاجهاد       |
| Line                           | Cordon               | حبل ، شريط         |
| Linear chain                   | Chaîne linéaire      | سلسلة خطية         |
| Load deflection curve          | Flèche sous charge   | انحناء تحت الحمل   |
| Loss angle                     | Angle de perte       | زاوية الفقد        |
| Loss factor                    | Facteur de perte     | عامل الفقد         |
| Lubricant                      | Lubrifiant           | مزيت ، مشحم        |
| Machining                      | Usinage              | صنع                |
| Markable datum                 | Grandeur mesurable   | نقدار قابل للقياس  |
| Melting                        | Fusion               | انصهار             |
| Molecular weigh                | Poids moléculaire    | وزن جزيئي          |
| Mould                          | Moule                | قالب               |
| Mould opening force            | Force d'ouverture    | قوة الفتح          |
| Moulding forces                | Forces de moulage    | قوة القوالب        |
| Moulding powder                | Poudre à mouler      | بودرة للقوالب      |
| Moulding shrinkage             | Retrait de moulage   | تراجع القوالب      |

Multi-chased

Moules à empreintes

قالب متعدد الطبقات

Occasioned constraint

Contrainte occasionnelle

Opened impression

Empreinte ouverte

طبعة مفتوحة

Paste

Pâte

عجينة

Penetrating force

Force d'enfoncement

قوة التهشم

Pin

Broche

سوخ ، قضيب

Plasticize

Plastifier

تلد ين

Plasticizer

Plastifiant

ملدن

Plasting by dipping

Trempage

Plasto rigid hardness

Dureté plasto-rigide

Plate

Plaque

صفحة ، لوح

Plates

Plateaux

طبق

Polymerisate

Polymérisat

مبلمر

Packing of foods

Emballage alimentaire

تغليف غذائي

Positive mould

Moule positif

قالب موجب

Powder glue

Colle en poudre

بودرة لاصقة

Power factor

Tg angle de perte

ظل زاوية الفقد

Precuring

Précuisson

احتياط

Preform

Préforme

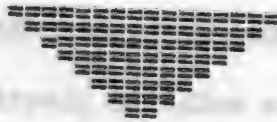
تشكيل مسبق

|                                   |                                         |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| Preheater by dielectric           | تسخين مسبق بفقد العزل الكهربائي         |
|                                   | Préchauffage par pertes diélectriques . |
| Preheater by infra red radiations | Préchauffage par infrarouge.            |
|                                   | تسخين مسبق بالأشعة تحت الحمراء .        |
| Preheating                        | Préchauffage.                           |
|                                   | تسخين مسبق                              |
| Pressure distributor              | موزع الضغط                              |
|                                   | Distributeur de pression.               |
| Raw materials                     | Matériaux de base.                      |
|                                   | مواد الأساس                             |
| Reduced viscosity                 | Viscosité réduite.                      |
|                                   | لزوجة مصفرة                             |
| Ringed gate                       | Entrée annulaire.                       |
|                                   | مدخل حلقي                               |
| Round                             | Arrondi.                                |
|                                   | مكور                                    |
| Seating                           | Assise.                                 |
|                                   | ثابت ، مستمر                            |
| Seizing                           | Grippage.                               |
|                                   | أو توقف الحركة                          |
| Shearing                          | Cisaillement.                           |
|                                   | قص                                      |
| Shot                              | Moulée.                                 |
|                                   | مقوب                                    |
| Single press                      | Presse simple.                          |
|                                   | مكبس بسيط                               |
| Sink-mark                         | Dépression superficielle.               |
|                                   | انحطاط سطحي                             |
| Slow spontaneous recovery         | مرونة متأخرة                            |
|                                   | Elasticité retardée.                    |
| Slow solvent                      | Solvant lent.                           |
|                                   | مذيب بطيء                               |

|                     |                            |                          |
|---------------------|----------------------------|--------------------------|
| Softening           | Ramollissement.            | تليين                    |
| Spot                | Tache.                     | بقعة                     |
| Sprue               | Carotte.                   | جزرة ، عقب               |
| Sprue bush          | Buse de carotte.           |                          |
| Static constraint   | Contrainte statique.       |                          |
|                     |                            | اجهاد ساكن               |
| Structural unit     | Motif structural.          | مقطع احادي التركيب       |
| Surface resistivity | Résistivité superficielle. | المقاومة النوعية السطحية |
|                     |                            | انتفاخ                   |
| Swell               | Gonflement.                |                          |
| Swelling pression   | Pression de gonflement.    |                          |
|                     |                            | ضغط الانتفاخ             |
| Tensile test        | Essai de traction.         | تجربة شد                 |
| Test of breaking    | Essai de rupture.          | تجربة للانهايار          |
| Thermal diffusivity | Diffusivité thermique.     | البث الحرارى             |
|                     |                            | حقل حرارى                |
| Thermal field       | Champ thermique.           |                          |
| Thermal insulator   | Isolant thermique.         | عزل حرارى                |
| Thermoset           | Thermodurcissable.         | متصلب حراريا             |
| Threshold           | Seuil.                     | مدخل ، بد                |
| Transfer moulding   | Moulage par transfert.     |                          |
|                     |                            | القولبة بالتحويل         |
| Transfer pot        | Pot de transfert.          |                          |
|                     |                            | وعاء التحويل             |



|                 |                   |                        |
|-----------------|-------------------|------------------------|
| Trimming        | Ebavurage.        | برادة الزوائد          |
| Twisting        | Torsion.          | قتل                    |
| Unlaminated     | Non stratifiés.   | غير منضد               |
| Varnish         | Vernis.           | طلاء ، مظهر براق       |
| Vent (air hole) | Event.            | ثقب الصمام             |
| Wear            | Usure.            | تلف ، استهلاك          |
| Wedge mould     | Moule à coquille. | الب بصدفة              |
| Weld            | Soudure.          | لحام                   |
| Width direction | Largeur.          | عرض                    |
| Withdrawing     | Démoulage.        | اخراج القطعة من القالب |
| Worn mass       | Masse usée.       | الكتلة المستهلكة       |



مراجع الكتاب

- 1 - M.Chatain : Plastique , Paris 1974 .
- 2 - P.Dubois : Plastiques modernes , Tome I,II  
1963-1968 .
- 3 - E.G.Fisher : Extrusion of plastics , London  
1976 .
- 4 - Techniques de l'ingénieur ( A 9 Plastiques )  
1976 .
- 5 - PLASTICS Engineering Handbook ( The society of  
the plastics industry ) .
- 6 - M.Jawich : Thèse de Docteur-Ingénieur, 1976 .
- 7 - J.Gossot : Les matières plastiques, Paris 1968 .
- 8 - J.Rollet : Travail des plastiques , Paris 1960 .
- 9 - D.N.Buttrey : Plastics in furniture, London  
1976 .
- 10 - M.Reyne : Les plastiques ( Guide pratique de  
l'utilisateur .
- 11- W.Nowacki : Théorie du fluage , Paris 1965 .

12 - J.Pabiot : Propriétés mécaniques des matières plastiques , CEMP - ENSAM , 1972 .

13 - Plastiques modernes et élastomères , rémento 1975 - 1976 .

14- E.G.Fisher : Blow moulding of plastics, London 1971 .



المحتوى

الصفحة

٣ - ١

مقدمة الكتاب

١٢ - ٤

البحث الأول :

أهمية المواد البلاستيكية وتطورها ومقارنة ذلك  
بالمواد الاخرى .

١٧ - ١٢

البحث الثاني :

الفصل الأول :

الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية العامة للمواد  
البلاستيكية وعلاقة هذه الخواص بتركيب هذه المواد .

١٣

١ - تعاريف عامة

١٩

٢ - قوى الارتباط (اللتصاق)

٢١

٣ - تصنيف المواد البلاستيكية

٢٥

٤ - الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمواد البلاستيكية

٢٥

٤ - ١ - الريولوجيا :

تعريف - التشوه البطيء - الاسترخاء -

نموذج ماكسويل - تابع ومعامل الاسترخاء -

نموذج زنهير الخطي -

٤ - ٢ - الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمواد البلاستيكية

٣٩

الحرارة TP .

٣٩

٤ - ٢ - ١ - الخواص لمواد TP الغير منتظمة .

### الصفحة

- الخواص بالحرارة العادية - تأثير الحرارة -  
معامل الارتخاء . - تأثير الزمن .  
٤ - ٢ - ٢ - الخواص لمواد TP المنتظمة ٤٦  
الخواص بالحرارة العادية - تأثير الحرارة -  
معامل الارتخاء .  
٤ - ٣ - الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمواد البلاستيكية  
المتصلبة حراريا TD . . . ٥٠  
الخواص بالحرارة العادية - تأثير الحرارة -  
تأثير الزمن .  
٤ - ٤ - بعض الخواص المرتبطة بالتركيب ٥٢  
٤ - ٤ - ١ - تأثير الوسائط الكيميائية . ٥٢  
تأثير الماء ، تأثير الأكسجين ،  
تأثير الحموض والقواعد القوية .  
٤ - ٤ - ٢ - الاحتراق . ٥٣  
٤ - ٥ - الاحتكاك الداخلي أو قدرة التخميد ٥٥

### الفصل الثاني :

- العوامل البلاستيكية - المواد البلاستيكية التجارية -  
خواصها العامة وحدود استعمالها صناعيا :  
٧٦  
٧٨ - عوامل البلاستيك الحراري TP .  
٧١ - عوامل البلاستيك المتصلب حراريا TD .

الصفحة

الفصل الأول :

الطرق الرئيسية لتصنيع البلاستيك .

١ - الطرق الرئيسية لتصنيع البلاستيك الحراري TP . ٩٧

١٠١ - الحقن .

١٠٧ - البثق .

١١٧ - المقول .

١٣١ - التشكيل .

١٣١ - السبك والتفخين .

١٣٤ - اللحام والاصاق .

٢ - الطرق الرئيسية لتصنيع البلاستيك المتصلب حرارياً . ١٤١

١٤٢ - الضغط TD .

١٤٥ - التحميل .

١٤٩ - الحقن .

١٥٦ - اختيار طريقة القولية .

الفصل الثاني :

طرق خاصة لتصنيع وانتاج البلاستيك المسلح مع تطبيقات . ١٦٠

١٦٦ - القولية بالتلامس .

١٦٩ - القولية بالقذف المتزامن للزجاج .

١٧١ - القولية بالفراغ .

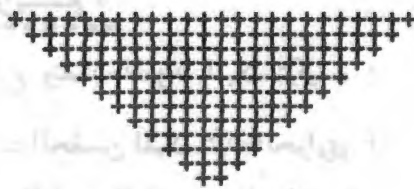
١٧٤ - القولية بالحقن للزجاج .

١٧٥ - القولية بالقوة الطاردة المركزية .

١٧٨ - القولية باللف الخيطي .



- ٢٨٨ - ٢٦٣ - جداول الخواص .  
 ٢٨٩ - قاموس : عربي - فرنسي - انكليزي للكلمات المستخدمة .  
 ٢٩٨ - مراجع الكتاب .  
 ٣٠٠ - المحتوي .





الدكتور  
معتز جاولش  
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية  
جامعة دمشق

# البلاستيك وآلاته

١٤٠١ - ١٤٠٢ هـ

١٩٨١ - ١٩٨٢ م

مطبعة الجاحظ - دمشق

